Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

И. С. ЛОГАЧЕВ
Г. Г. РОДИН



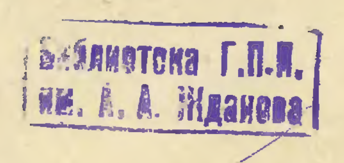
РЕМОНТ ОБМОТОК МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 271

И. С. ЛОГАЧЕВ, Г. Г. РОДИН

РЕМОНТ ОБМОТОК МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА







«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1968

6П2.12
Л 69
УДК 621.045.2(04)

Авторы считают приятным долгом выразить благодарность инженерам А. Д. Смирнову, Е. А. Каминскому и П. И. Цибулевскому, а также канд. техн. наук Н. В. Виноградову за помощь и полезные советы при подготовке рукописи к печати.

Авторы благодарят рецензента Е. Л. Маршака и редактора Р. Б. Уманцева за полезные указания, направленные на улучшение брошюры.

Логачев И. С., Родин Г. Г.

Л 69 Ремонт обмоток машин постоянного тока. М. «Энергия», 1968.

128 с. с илл. (Б-ка электромонтера, вып. 271).

Описаны основные элементы машин постоянного тока, обмоток якоря и полюсов и повреждения их. Даны сведения о материалах, применяемых при ремонте. Рассмотрены технология укладки, пайки, пропитки и сушки обмоток, техника безопасности и противопожарные меры.

Брошюра предназначена для электромонтеров, которые занимаются эксплуатацией и ремонтом электрических машин.

$\frac{3\text{-}3\text{-}10}{121\text{-}68}$ 6П2.12

Логачев Иван Стратонович и Родин Григорий Григорьевич

Ремонт обмоток машин постоянного тока

Редактор *Р. Б. Уманцев*

Технический редактор *Кузнецова О. Д.* Корректор *Шлайфер З. Б.*

Сдано в набор 2/VIII 1968 г. Подписано к печати 19/XII 1968 г. Т-17440
Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 6,72 Уч.-изд. л. 7,12
Тираж 20 000 экз. Цена 25 коп. Зак. 1412

Издательство „Энергия". Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Электрические машины постоянного тока обратимы, т. е. могут работать и как генераторы, и как электродвигатели. В генераторах механическая энергия преобразуется в электрическую, в двигателях электрическая энергия преобразуется в механическую.

Между неподвижными полюсами *Ю* (южный) и *С* (северный) расположен якорь — стальной цилиндр с обмоткой. На рис. 1,*а* показан один виток обмотки *абвг,* концы которой присоединены к двум полукольцам $К_1$ и $К_2$, образующим коллектор. К коллектору прижаты щетки $Щ_1$ и $Щ_2$, присоединенные к внешней сети. В данном случае рассматривается принцип действия генератора и потому к щеткам присоединена нагрузка — лампа. Если к щеткам присоединить источник постоянного тока (рис. 1,*б*), то машина превратится в двигатель.

Магнитное поле под полюсами неодинаково. Так, под полюсами магнитная индукция имеет наибольшую величину $В_{макс}$, на линии, проходящей через центр якоря в середине между полюсами, она равна нулю; эта линия называется геометрической нейтралью. В других точках между серединой полюса и нейтралью магнитная индукция имеет промежуточные значения. Обратим также внимание на то, что силовые линии направлены от северного полюса к южному, т. е. под северным полюсом они как бы «входят» в якорь, а под южным «выходят» из него.

Принцип действия генератора. При вращении якоря в активных сторонах (находящихся под полюсами) витка индуктируется э. д. с. Она неодинакова по величине, так магнитная индукция в области каж-

дого полюса изменяется от нуля до максимума, а затем от максимума до нуля. Она неодинакова и по направлению, так как каждый проводник, вращаясь, проходит то под северным полюсом, то под южным. Направление индуктированной э. д. с. определяется по правилу правой руки. Таким образом, в машине постоянного тока индуктируется переменная э. д. с. Но коллектор вращается вместе с обмоткой, а щетки неподвижны.

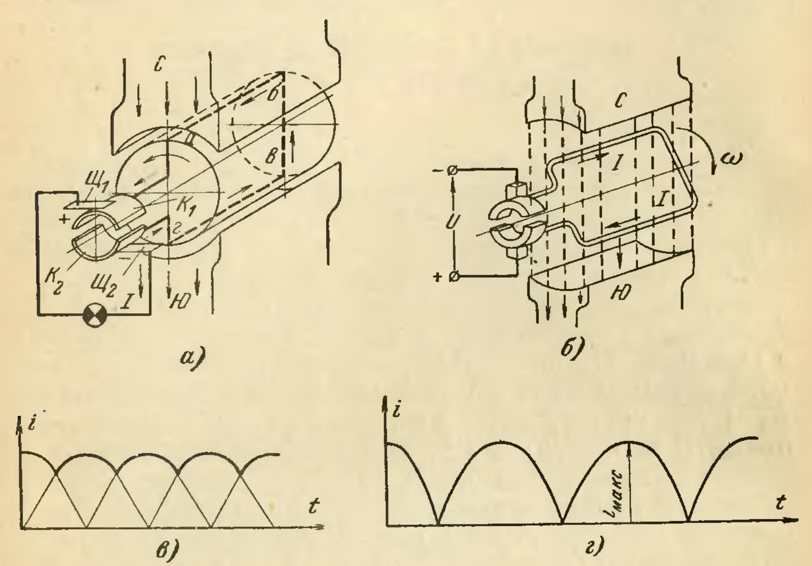


Рис. 1. Принцип действия машин постоянного тока.

Поэтому со щеткой $Щ_1$ всегда соединяется тот проводник, который проходит в области северного полюса, со щеткой $Щ_2$ — проводник, проходящий под южным полюсом. Благодаря этому во внешней цепи ток имеет постоянное направление: от щетки $Щ_1(+)$ к щетке $Щ_2$ (—). Таким образом, коллектор является механическим выпрямителем

Изменения тока во внешней цепи, при условии что обмотка состоит из одного витка, показаны на рис. 1,*г*. Такой ток является пульсирующим. Пульсацию тока можно уменьшить, если выполнить обмотку из нескольких витков и соответственно увеличить число коллекторных пластин. На рис. 1,*в* показан пульсирующий ток при двух витках на якоре, сдвинутых в прост-

ранстве на угол 90°, и четырех коллекторных пластинах. Расчеты показывают, что уже при восьми коллекторных пластинах на полюс пульсации напряжения составляют менее 1% среднего значения его и во внешней цепи проходит практически постоянный ток.

Работа машины постоянного тока в режиме двигателя основана на том, что на проводник, через который проходит постоянный ток, действует сила, пропорциональная магнитной индукции, активной длине проводника и току.

Направления действия возникающих сил и вращающего момента можно определить по правилу левой руки. На рис. 1,*б* оно указано стрелками.

Чтобы якорь вращался в какую-либо определенную сторону, необходимо, чтобы направление тока в проводнике изменялось на обратное, как только проводник выйдет из зоны действия одного полюса, пересечет нейтральную линию и войдет в зону соседнего разноименного полюса. Это обеспечивается коллектором.

Элементы конструкции машин постоянного тока. Машина постоянного тока состоит из неподвижной магнитной системы (индуктор) и вращающегося якоря. Разрез машины постоянного тока показан на рис. 2,*а*. Магнитная система состоит из *станины, главных полюсов,* предназначенных для создания основного магнитного потока, и *добавочных полюсов* (устанавливаемых между главными), которые служат для уменьшения искрения щеток. Якорь состоит из зубчатого сердечника, в пазах которого уложена обмотка, соединенная с коллектором. Станина-ярмо (рис. 2,*б*) выполняется из чугуна или стали с разъемом или без него в зависимости от типа и мощности машин. К станине крепят главные и добавочные полюсы. В машинах малой и средней мощности к торцовым поверхностям станины крепят подшипниковые щиты. Для закрепления машины на фундаменте станина снабжается лапами.

Главный полюс (рис. 2,*в*) состоит из набранного на шпильки сердечника из листовой электротехнической стали, обычно толщиной 1 *мм*. Разделение полюсов на отдельные листы уменьшает потери от вихревых токов, которые возникают в поверхностном слое полюсных наконечников, обращенных к якорю. Полюсный наконечник служит для облегчения проведения магнитного потока через воздушный зазор. На сердечник надета полюс-

ная катушка, которую для лучшего охлаждения делят по высоте на две или несколько частей, оставляя между ними достаточной ширины вентиляционные каналы

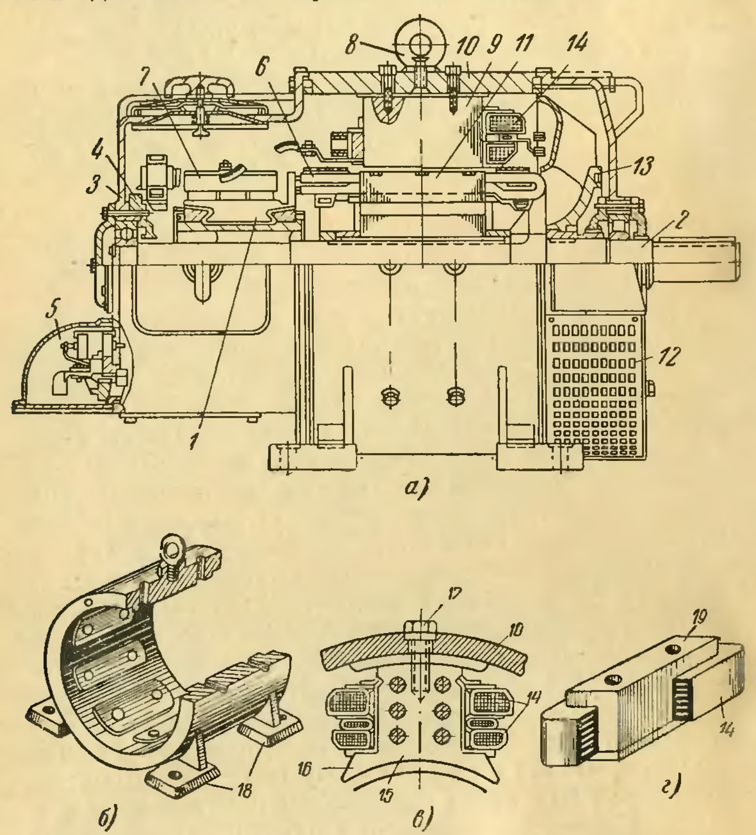


Рис. 2. Элементы конструкции машины постоянного тока.

а — разрез; *б* — станина; *в* — главный полюс; *г* — добавочный полюс; *1* — коллектор; *2* — вал; *3* — подшипниковый щит; *4* — щеточная траверса; *5* — коробка зажимов; *6* — обмотка якоря; *7* — щеткодержатели; *8* — рым-болт; *9* — главный полюс; *10* — станина; *11* — сердечник якоря; *12* — вентиляционная решетка; *13* — вентилятор; *14* — полюсные катушки; *15* — сердечник полюса; *16* — полюсный наконечник; *17* — болт; *18* — лапы; *19* — сердечник добавочного полюса.

Крепление полюсов к станине осуществляется специальными болтами.

Добавочный полюс (рис. 2,*г*) состоит из сердечника, оканчивающегося полюсным наконечником той или иной формы, и надетой на сердечник катушки.

Добавочные полюсы устанавливают строго посредине между главными полюсами и крепят к станине болтами. Сердечник добавочных полюсов набирают из стальных листов толщиной 1—2 *мм* или изготовляют из кованой стали.

Сердечник якоря (рис. 3) представляет собой цилиндр, набранный из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 *мм*. Для уменьшения

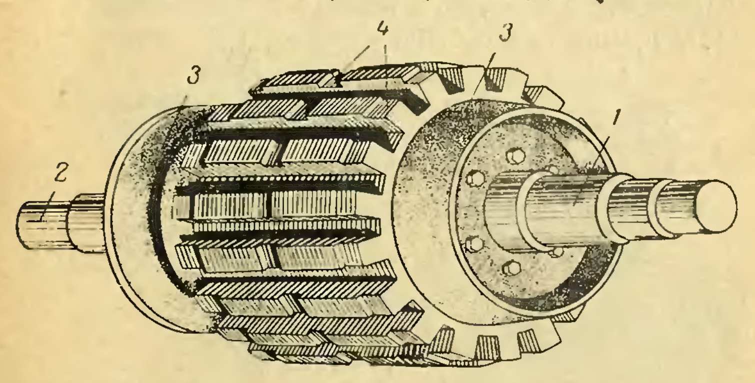


Рис. 3. Сердечник якоря.

1 — место для коллектора; *2* — вал; *3* — нажнмные шайбы; *4* — место для бандажа.

вихревых токов листы покрываются изолирующим лаком. Чтобы уменьшить распушение пакета, крайние листы (до 5 шт.) выполняются из листовой стали большей толщины (1—1,5 *мм*). Сердечник (пакет) насажен на вал якоря и удерживается нажимными шайбами (обмоткодержателями) и кольцом, насаженным на вал в горячем состоянии. В машинах небольшой мощности сердечник удерживается на валу шпонкой. Чтобы машина лучше охлаждалась, в сердечниках якоря машин средней и большой мощности устраивают вентиляционные каналы. На поверхности сердечника имеются продольные пазы, в которые укладывается обмотка. Часто пазы выполняются со скосом (наклонными), что способствует уменьшению вибрации и шумов.

Обмотка якоря обычно выполняется из медного провода круглого или прямоугольного сечения. При вращении якоря обмотка подвергается воздействию центробежных сил. Обмотку надежно закрепляют в пазах чаще всего текстолитовыми клиньями и проволочными

бандажами. Бандажи из стальной немагнитной и магнитной проволоки применяют также для крепления лобовых частей обмотки.

В последнее время применяют стекловолокнистые бандажи из нетканой стеклянной ленты, пропитанной термореактивными лаками. Они с успехом заменяют бандажи из стальной проволоки, не требуют подбандажной изоляции, обеспечивают монолитность и высокую механическую прочность бандажа.

Рис. 4. Коллектор.

а — из пластин твердокатаной меди, изолированных одна от другой миканитом; *б* — на пластмассе; *1* — корпус коллектора; *2* — стяжной болт; *3* — нажимное кольцо; *4* — изоляция; *5* — петушки; *6* — пластины; *7* — стальная втулка; *8* — пластмасса; *9* — стальное кольцо; *10* — миканитовые прокладки.

Коллектор (рис. 4,*а*) — сложный и важный узел в машине. Его набирают из пластин твердотянутой меди, изолированных одна от другой коллекторным миканитом. Нижние части коллекторных пластин имеют форму ласточкина хвоста, в углубление которого входят соответствующие выступы нажимных колец (конусов). Стальные конусы изолированы от меди коллекторных пластин миканитовыми манжетами. В конце коллекторных пластин со стороны сердечника якоря имеются выступы, называемые *петушками*. В петушки впаивают концы обмотки якоря.

Широко стали применяться коллекторы на пластмассе (рис. 4,*б*), которая впрессовывается во внутреннее

отверстие коллектора. Коллекторы на пластмассе более устойчивы в эксплуатации и лучше сохраняют правильную цилиндрическую форму.

Для соединения коллектора с внешней цепью машина постоянного тока снабжается щеточным устройством, которое состоит из щеточной траверсы, щеточных пальцев и щеткодержателей со щетками. Щеточную траверсу (рис. 5,*а*) крепят к подшипниковому

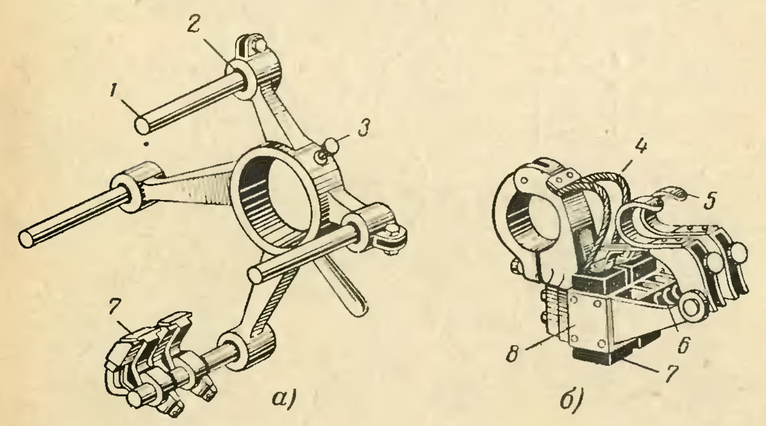


Рис. 5. Щеточная траверса (*а*) и щеткодержатель со щетками (*б*).

1 — щеточный палец; *2* — изоляция; *3* — стопорный болт; *4* — гибкий тросик; *5* — приспособления для прижатия щеток; *6* — пружина; *7* — щетка; *8* — обойма.

щиту или станине и делают поворотной. Щеточные пальцы представляют собой стержни, закрепленные в траверсе и изолированные от нее. Число щеточных пальцев чаще всего равно числу главных полюсов в машине. На каждом щеточном пальце устанавливают комплект щеткодержателей.

Щеткодержатель (рис. 5,*б*) состоит из металлической обоймы, в которой помещают щетку *7*, приспособления *5* для прижатия щетки к коллектору и пружины *6* для регулирования силы нажатия щеток на коллектор. Отвод от щетки выполняется гибким медным тросиком *4*, один конец которого закреплен в верхней части щетки. Все щеткодержатели одной полярности (+ или —) соединяют сборными шинками, от которых сделаны отводы к зажимам машины.

2. ОБМОТКИ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Под обмоткой якоря понимают систему уложенных в пазы якоря проводников, которые соединены между собой и с коллекторными пластинами. Обмотка якоря состоит из секций. Секция представляет собой часть обмотки, заключенную между двумя коллекторными пластинами, следующими друг за другом по схеме

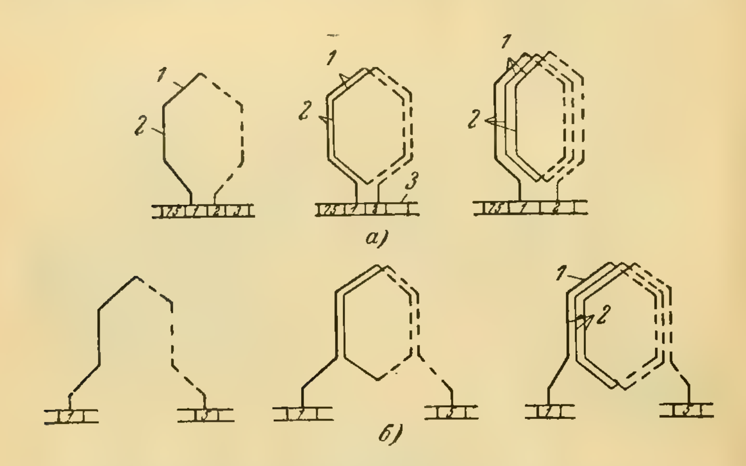


Рис. 6. Секции обмоток.

а — одно-, двух- и трехвитковые секции петлевой обмотки; *б* — то же волновой обмотки; *1* — лобовая часть; *2* — активная часть; *3* — коллекторные пластины; цифры, написанные в них, — порядковые номера пластин.

обмотки. Секция может состоять из одного, двух или нескольких витков (рис. 6). Каждая секция содержит две активные стороны и лобовые части. Лобовые части служат только для соединения активных сторон. Чтобы э. д. с. в секции складывались, одну активную сторону размещают под главным северным полюсом, а другую — под следующим за ним главным южным полюсом. Наибольшая по величине э. д. с. будет в том случае, когда активные стороны находятся под серединами этих полюсов, т. е. при расстоянии, равном полюсному делению τ.

Полюсное деление — часть окружности якоря, приходящихся на один полюс. Величина полюсного де-

ления, выраженная как часть дуги окружности якоря, определяется по формуле

$$\tau = \frac{\pi D}{2p},$$

где D — диаметр якоря; $2p$ — число полюсов.

В дальнейшем для большей ясности схем обмоток будем считать, что секция состоит из одного витка. В зависимости от формы секций обмотки якоря подразделяют на *петлевые, волновые* и *комбинированные* (*«лягушечьи»*).

Обмотки выполняют *двухслойными*, т. е. секции располагаются в два слоя. На чертеже двухслойной обмотки сторону секции, размещенную в верхней части паза, обозначают сплошной линией, а размещенную в нижней части паза — пунктирной линией.

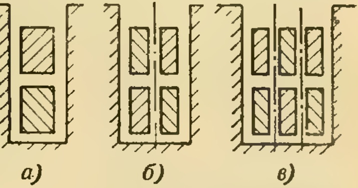


Рис. 7. Элементарные пазы якоря.

Элементарным называется паз, в котором находятся только две активные стороны (от разных секций). Реальный паз якоря может состоять из одного или нескольких элементарных пазов по числу секционных сторон, находящихся в одном слое реального паза, т. е. на каждую секцию приходится один элементарный паз.

К каждой коллекторной пластине присоединяют начало одной и конец другой секций. Поэтому во всех случаях число секций обмотки якоря S равно числу элементарных пазов $z_э$ и числу коллекторных пластин K, т. е. $S=K=z_э=zu_п$, где $u_п$ — число, показывающее, сколько элементарных пазов заключено в одном реальном пазу. На рис. 7 показаны пазы при $u_п=1$ (рис. 7,*а*), $u_п=2$ (рис. 7,*б*) и $u_п=3$ (рис. 7,*в*). Для машин малой и средней мощности $u_п=2 \div 7$ и зависит от напряжения и других параметров.

Катушкой называют часть обмотки, которая уложена в двух пазах якоря и состоит из одной, двух или нескольких секций, имеющих общую изоляцию относительно паза.

При изучении обмоток якоря важное значение имеет понятие о параллельных ветвях. Параллельной ветвью обмотки якоря называется группа последовательно соединенных секций, в которых индуктируется э. д. с. одинакового направления. Практически параллельная ветвь — это часть обмотки якоря от щетки до щетки. От числа параллельных ветвей в обмотке зависят напряжение и ток машины. Число параллельных ветвей зависит от типа обмотки, который в свою очередь определяется способом присоединения секций к коллектору.

Графическое изображение обмоток. Рассмотрим два способа графического изображения обмоток. При первом способе проектируют обмотку якоря со стороны коллектора на плоскость, перпендикулярную оси обмотки якоря, т. е. изображают вид обмотки со стороны коллектора, получая круговую схему. При этом проводники, расположенные на поверхности якоря, показывают кружочками, а невидимые торцовые соединения проводников со стороны, противоположной коллектору, выносят за окружность якоря (рис. 8,*а* и *в*). При втором способе, чтобы получить развернутую схему, поверхность якоря вместе с обмоткой развертывают на плоскость чертежа (рис. 8,*б* и *г*).

Шаги обмотки. Для того чтобы правильно уложить обмотку на якоре и соединить ее с коллектором, необходимо знать шаги обмотки по якорю и коллектору. Различают следующие шаги обмоток:

y_1 — *первый шаг* равен расстоянию между первой активной и второй активной сторонами одной и той же секции; практически выполняют обмотки, у которых первый шаг равен или несколько меньше полюсного деления, т. е. $y_1 \leqslant \tau$;

y_2 — *второй шаг* равен расстоянию между второй активной стороной одной секции и первой активной стороной другой секции, следующей за первой по схеме обмотки;

y — *результирующий шаг* равен расстоянию между соответствующими активными сторонами (верхними и нижними) двух секций, следующими одна за другой по схеме обмотки;

$y_к$ — *шаг по коллектору* равен расстоянию между началом и концом секции по окружности коллектора; измеряется числом коллекторных делений, т. е. расстоя-

нием между серединами соединенных коллекторных пластин;

y_z — *шаг обмотки по пазам* равен расстоянию между первой и второй активной сторонами одной и той же

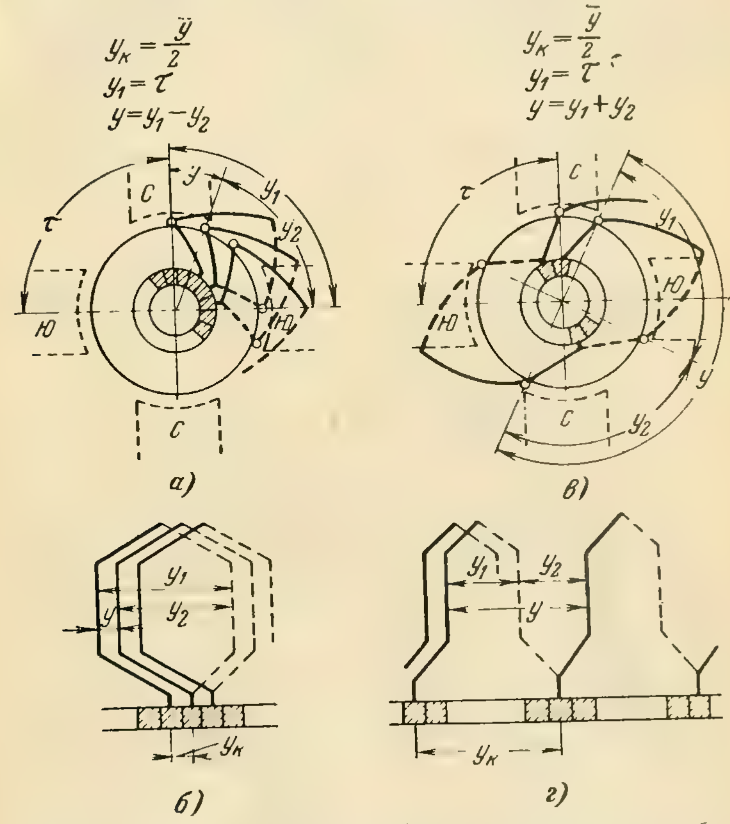


Рис. 8. Графическое изображение обмоток по первому способу — петлевой (*а*) и волновой (*в*) и по второму способу—петлевой (*б*) и волновой (*г*).

катушки; если катушка состоит из секции и сторона секции занимает половину паза якоря, то шаг обмотки по пазам и первый шаг обмотки совпадают по величине, т. е. $y_z = y_1$.

Для выполнения обмотки необходимо и достаточно знать шаги обмотки: y_1, y_2, y и $y_к$.

Шаги обмотки y_1, y_2 и y можно выражать числом межсекционных промежутков, заключенных между со-

единяемыми секционными сторонами. Например, если $y_1=8$, то нужно от какого-либо проводника (или, иначе, секционной стороны), принятого за начало секции (например, проводник, лежащий в верхней части паза), отсчитать восемь промежутков и со стороны, противоположной коллектору, соединить его с проводником, который лежит в нижней части девятого элементарного паза.

Якорные обмотки можно разделить на *равносекционные и ступенчатые* (рис. 9). Секции равносекционной



Рис. 9. Равносекционная (*а*) и ступенчатая (*б*) обмотки.

обмотки имеют одинаковую ширину. Это позволяет стороны нескольких секций изолировать совместно, образуя катушку. В ступенчатой обмотке начала двух или более секций лежат в одном пазу, а концы их — в разных рядом лежащих пазах. Делается это с целью улучшения коммутации машины.

Рассмотрим кратко основные типы обмоток якорей.

Простая петлевая обмотка. При выполнении простой петлевой обмотки начало и конец каждой секции присоединяют к двум рядом лежащим коллекторным пластинам. При укладке обмотки конец предыдущей секции соединяют с началом последующей и так перемещаются по якорю до тех пор, пока конец последней секции не окажется соединенным с началом первой, т. е. пока обмотка не замкнется.

Первый шаг по пазам

$$y_1=\frac{z_э \mp b}{2p},$$

где b — наименьшее число, позволяющее получить y_1 в виде целого числа. Если $b=0$ ($y_1=\tau$), то обмотка имеет полный шаг, при $b>0$ ($y_1>\tau$) — удлиненный шаг, при $b<0$ ($y_1<\tau$) — укороченный шаг. У обмоток с уко-

роченным шагом длина лобовых частей меньше, чем у обмоток с удлиненным шагом.

Результирующий шаг для простой петлевой обмотки

$$y = y_1 - y_2.$$

Этот шаг получается со знаком плюс, если $y_1 > y_2$, т. е. когда имеется обмотка *не перекрещивающаяся* в ее лобовых частях при подходе начала и конца секции к пластинам коллектора (рис. 10,*а*). Такую обмотку

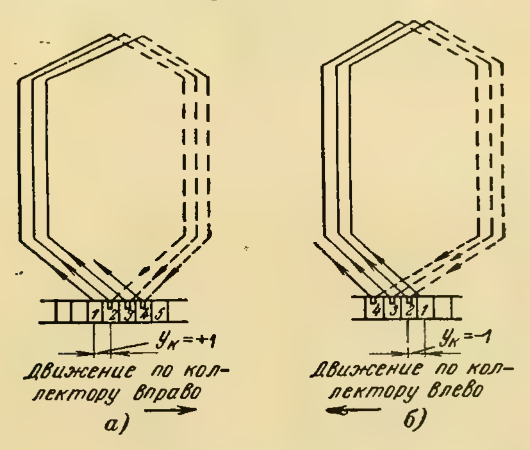


Рис. 10. Правая (*а*) и левая (*б*) петлевые обмотки.

называют *правой* или *правоходовой*. В этом случае при обходе обмотки все время смещаемся вправо. Если $y_1 < y_2$, то обмотка перекрещивается в ее лобовых частях при подходе начала и конца секции к пластинам коллектора (рис. 10,*б*). Такую обмотку называют *левой* или *левоходовой*. В этом случае при обходе обмотки все время смещаемся влево.

Правоходовая обмотка более проста и на ее изготовление расходуется меньше меди. Шаг по коллектору $y_к = \pm 1$ (для левой $y_к = -1$, а для правой $y_к = +1$).

У простой петлевой обмотки $y_к = y = \pm 1$. Второй шаг обмотки $y_2 = y_1 \pm y = y_1 \pm 1$.

Параллельные ветви в простой петлевой обмотке образуются из последовательно соединенных секционных сторон, находящихся под двумя соседними разноименными полюсами. При этом под одним полюсом они занимают верхний слой обмотки, под другим — нижний.

Таким образом, число параллельных ветвей простой петлевой обмотки $2a=2p$. Это наиболее характерная особенность простой петлевой обмотки.

Электродвижущая сила машины равна э. д. с. одной параллельной ветви. Ток якоря равен сумме токов отдельных параллельных ветвей, т. е. $I_я=2ai_а$, где $i_а$ — ток одной параллельной ветви, что позволяет применять простые петлевые обмотки в машинах с большими токами.

Число щеточных пальцев на траверсе при простой петлевой обмотке всегда равно числу основных полюсов машины.

На рис. 11 показана простая петлевая обмотка, у которой $z=z_э=12$; $S=K=12$; $2a=2p=4$; $y_к=1$ и $y_1=3$. Для удобства чтения схемы на рис. 11 верхние проводники обмотки обозначены нечетными числами, а нижние — четными.

При выполнении схемы соединений машины часто необходимо знать полярность щеток. *Полезно запомнить*, что при правой петлевой обмотке при вращении якоря по часовой стрелке под южным полюсом расположена положительная щетка. При обратном направлении вращения или левой обмотке полярность щетки, расположенной под южным полюсом, будет отрицательной.

Сложная петлевая обмотка применяется в быстроходных машинах большой мощности или машинах низкого напряжения с большим током для увеличения числа параллельных ветвей машины, когда простое увеличение сечения проводника секции нельзя выполнить по конструктивным соображениям. Эту обмотку можно представить себе как несколько простых петлевых обмоток, уложенных на один якорь и соединенных проводниками (которые называются *уравнительными соединениями*) и, кроме того, щетками на коллекторе. В сложной петлевой обмотке число параллельных ветвей $2a=2pm$, где $2p$ — число параллельных ветвей каждой петлевой обмотки; m — коэффициент кратности, определяющий число простых петлевых обмоток, из которых составлена сложная петлевая обмотка.

Практически получила применение сложно-петлевая обмотка, у которой $m=\pm2$ или ±3. Шаг по коллектору и результирующий шаг в сложной петлевой обмотке равны коэффициенту кратности: $y_к=y=m$.

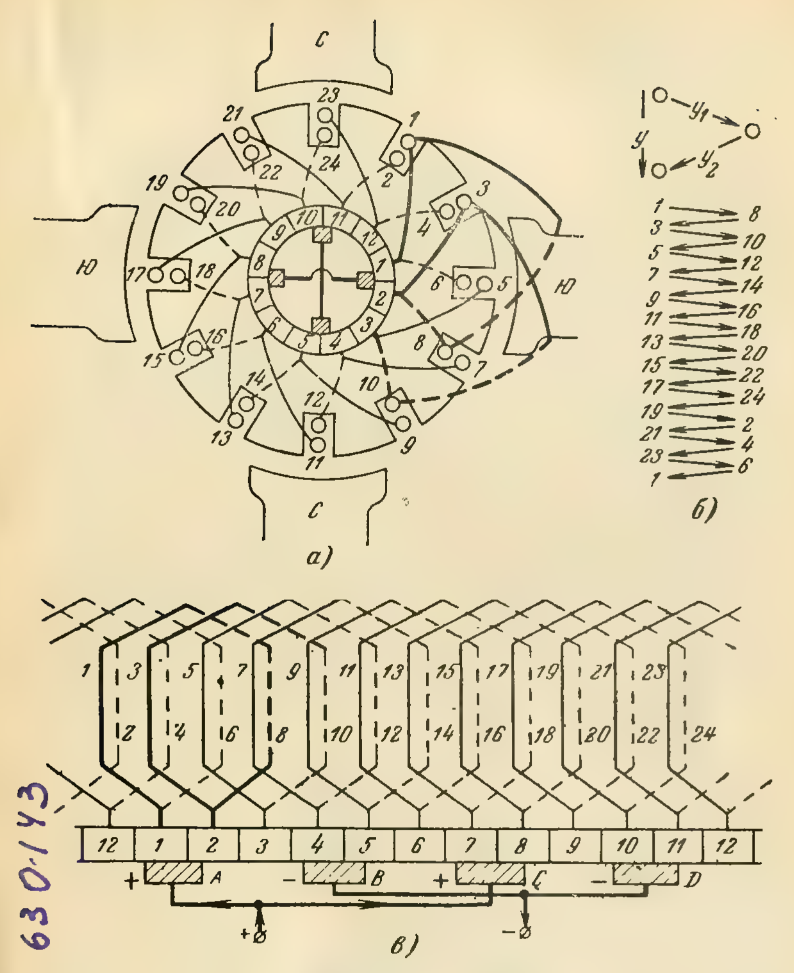


Рис. 11. Простая петлевая обмотка.

а — круговая схема; *б* — таблица соединения проводников; *в* — развернутая схема.

Первый шаг $y_1 = \frac{z_э \mp b}{2p}$.

Второй шаг $y_2 = y_1 - y$.

Если коллектор состоит из четного числа коллекторных пластин, то при $y_к = 2$ получаются две одинаковые независимые обмотки. Такая обмотка называется *двукратнозамкнутой* (рис. 12).

Определим шаги обмотки вычислением и подсчетом чисел соответствующих промежутков на схеме обмотки:

$$y_1 = \frac{30-2}{4} = 7;\ y = y_к = 2;\ y_2 = y_1 - y = 7 - 2 = 5.$$

На схеме секции первой обмотки, составляющей часть сложной петлевой обмотки, присоединены к нечетным коллекторным пластинам; верхние стороны их занимают нечетные пазы, а нижние — четные. Секции второй обмотки присоединены к четным коллекторным

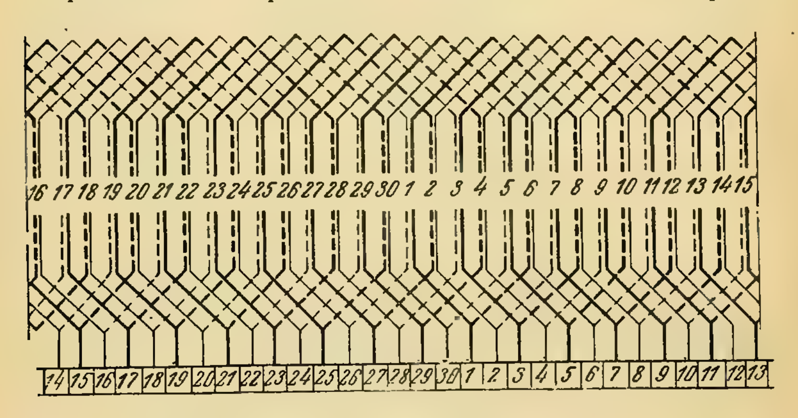


Рис. 12. Двукратно замкнутая сложная петлевая обмотка. $z = z_э = 30$; $S = K = 30$; $2p = 4$; $y_1 = 7$; $y_2 = 5$; $y_к = 2$; $2a = 8$.

пластинам, а стороны их занимают: верхние — четные пазы, а нижние — нечетные.

Если число коллекторных пластин нечетное, например 29, то обмотка выполняется по схеме 1—3—5—... —29—2—4—...—28—1, т. е. сначала соединяют все нечетные деления, делая первый обход по коллектору, а затем, не прерывая обмотки, делают второй обход по коллектору и замыкают обмотку, соединив четные пластины коллектора. Такая обмотка называется *двухходовой однократнозамкнутой* (рис. 13).

До последнего времени широкое применение имели двукратнозамкнутые обмотки, но и однократнозамкнутые обмотки работают вполне удовлетворительно, несмотря на некоторую асимметричность их.

Возможность получения в сложных петлевых обмотках большого числа параллельных ветвей без увеличе-

ния числа полюсов является тем ценным качеством их, благодаря которому эти обмотки применяют в машинах на большие токи, например в генераторах для электролиза.

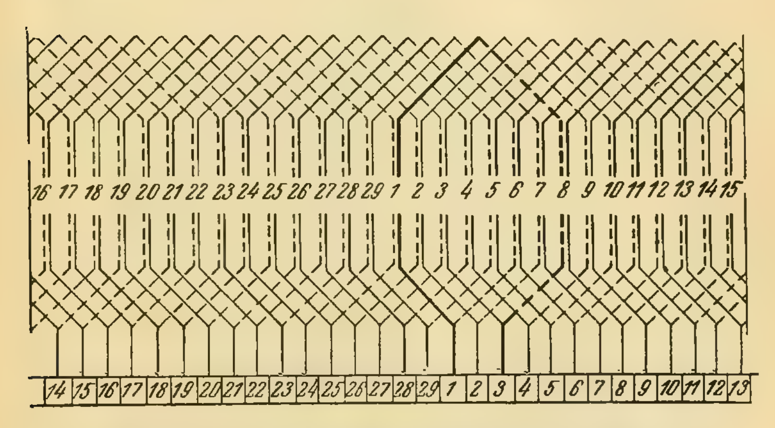


Рис. 13. Однократно замкнутая двухходовая обмотка.
$z=z_э=29$; $S=K=29$; $2p=4$; $y_1=7$; $y_2=5$; $y_к=y=2$; $2a=8$.

Простая волновая обмотка. Характерной особенностью волновой обмотки является то, что выводные концы секций присоединяются не к соседним коллекторным пластинам, как в петлевой обмотке, а к двум коллекторным пластинам, расстояние между которыми определяется двойным полюсным делением (2τ). За один обход по якорю укладывается столько секций, сколько пар полюсов p имеет машина. При выполнении обмотки конец последней секции первого обхода соединяют с началом секции, соседней с той, от которой был начат обход, и так продолжают обходы по якорю и коллектору, пока не будут заполнены все пазы и замкнется обмотка.

При волновой обмотке второй шаг y_2 делается в ту же сторону, что и первый шаг y_1 (см. рис. 8,*в* и *г*), поэтому шаги обмотки связаны соотношением $y_1+y_2=$ $=y=y_к$.

Результирующий шаг y должен быть больше или меньше, чем двойное полюсное деление (2τ), чтобы при обходе секций все они были включены в обмотку. Так, чтобы обойти вокруг якоря, в четырехполюсной машине необходимо сделать два шага и соединить две секции

последовательно (по ходу обмотки), а в шестиполюсной машине — три шага и соединить три секции.

Формула для результирующего шага и шага по коллектору имеет вид:

$$y = y_к = \frac{K \mp 1}{p}.$$

Знак плюс соотвстствует правой (перекрещенной) обмотке, а минус — левой (неперекрещенной), как пока-

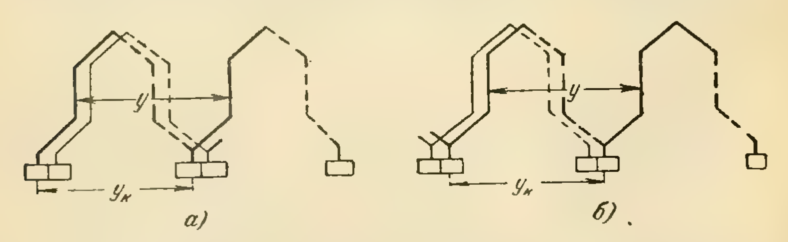


Рис. 14. Волновые обмотки: правая (*а*) и левая (*б*).

зано на рис. 14. Для экономии меди обычно применяют левые волновые обмотки.

Второй шаг обмотки $y_2 = y - y_1$. В простой волновой обмотке половина секций, расположенных под всеми главными полюсами одной полярности, соединена последовательно и образует одну параллельную ветвь, а другая половина секций, под полюсами другой полярности, образует вторую параллельную ветвь. Поэтому общее число параллельных ветвей обмотки при любом числе полюсов машины равно 2, т. е. $2a=2$, или $a=1$. Это характерная особенность простой волновой обмотки. Для отвода тока от коллектора достаточно 2 компл. щеток. Однако на практике для уменьшения тока, приходящегося на щетку, число щеточных комплектов берут равным числу главных полюсов. Простые волновые обмотки применяют в тех случаях, когда на зажимах машины требуется получить сравнительно большое напряжение.

На рис. 15 приведена волновая обмотка с теми же данными, что и обмотка, показанная на рис. 11.

Сложная волновая обмотка состоит из нескольких простых волновых обмоток, уложенных в пазы одного якоря. Так как каждая простая волновая обмотка имеет две параллельные ветви, то сложная волновая обмотка

будет иметь число параллельных ветвей $2a=2m$, где m — коэффициент кратности, или число простых волновых обмоток, которые составляют данную сложную

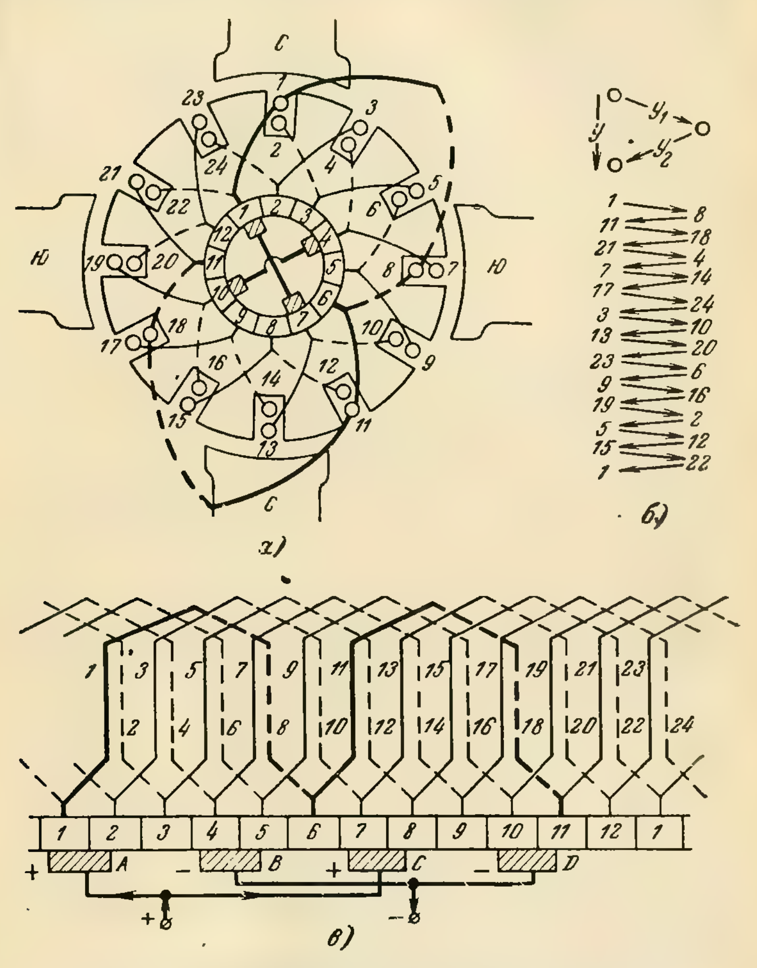


Рис. 15. Простая волновая обмотка.
а — круговая схема; *б* — таблица соединения проводников; *в* — развернутая схема.

волновую обмотку. Простые волновые обмотки, образующие сложную, соединяют параллельно проводниками, которые называются уравнительными соединениями, и щетками на коллекторе. Необходимо, чтобы число пла-

стин, перекрываемое одновременно щеткой, было больше числа пар параллельных ветвей a. Число параллельных ветвей сложной волновой обмотки не связано с числом полюсов машины.

У сложной волновой обмотки после обхода по коллектору приходят к коллекторной пластине, лежащей не рядом с исходной, а отстоящей от нее на 2, 3, ..., m пластин. Можно написать равенство, из которого определяется результирующий шаг обмотки:

$$yp = K \mp m = K \mp a;$$

отсюда

$$y = \frac{K \mp m}{p} = \frac{K \mp a}{p}.$$

Шаг по коллектору $y_к = y = \frac{K \mp a}{p}$.

Сумма первого и второго шагов обмотки равна $y_1 + y_2 = y$, а каждый из них равен:

$$y_1 \approx \frac{y}{2};\quad y_2 = y - y_1.$$

Как и сложная петлевая обмотка, сложная волновая может быть m-ходовой многократно или однократно замкнутой.

Первый случай имеет место, когда шаг $y_к$ и число пар параллельных ветвей $a=m$ имеют общий наибольший делитель t; при этом обмотка распадается на t однократно замкнутых обмоток. Второй случай имеет место, когда $y_к$ и $a=m$ являются числами взаимно простыми, т. е. когда их общий наибольший делитель $t=1$. Если $t=2$, то обмотка называется *двукратно замкнутой.* Эти обмотки получили наибольшее применение.

В качестве примера на рис. 16,a приведена развернутая схема сложной двукратно замкнутой левой обмотки с укороченным шагом, у которой $2p=4$; $S=K=z_э=18$, $u_п=1$; $z=18$; $m=2$. Согласно приведенным выше формулам имеем:

$$y_к = y = \frac{K \mp a}{p} = \frac{18-2}{2} = 8;\quad y_1 = \frac{y}{2} =$$

$$= \frac{8}{2} = 4;\quad y_2 = y - y_1 = 8 - 4 = 4.$$

Соединение сторон секций показано на рис. 16,$б$.

Схема сложной однократно замкнутой левой волновой обмотки, у которой $2p=4$; $S=K=z_э=20$; $u_п=1$; $z=20$; $a=m=2$, приведена на рис. 17.

Шаги обмотки:

$$y_к = y = \frac{K \mp a}{p} = \frac{20-2}{2} = 9; \quad y_1 \approx \frac{y}{2};$$

$$\text{принимаем } y_1 = 5; \; y_2 = y - y_1 = 9 - 5 = 4.$$

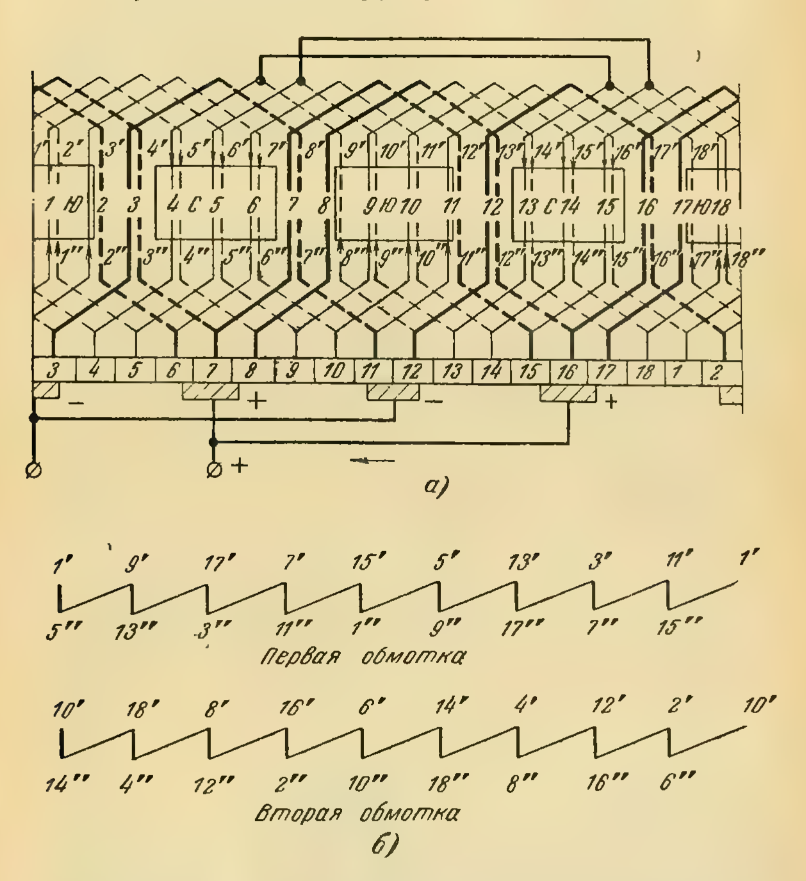


Рис. 16. Схема сложной двукратно замкнутой левой волновой обмотки (*а*) и соединение сторон секций обмотки (*б*).

Симметрия э. д. с. Для нормальной работы машины э. д. с. параллельных ветвей обмотки при любом положении якоря должны быть равны. Это, во-первых, определяется самой схемой обмотки якоря, которая должна от-

вечать особым условиям симметрии[1]. Кроме того, симметрия э. д. с. может явиться следствием магнитной асимметрии от различных причин: например, плохая сборка машины (неодинаковые воздушные зазоры между разными полюсами и якорем), износ

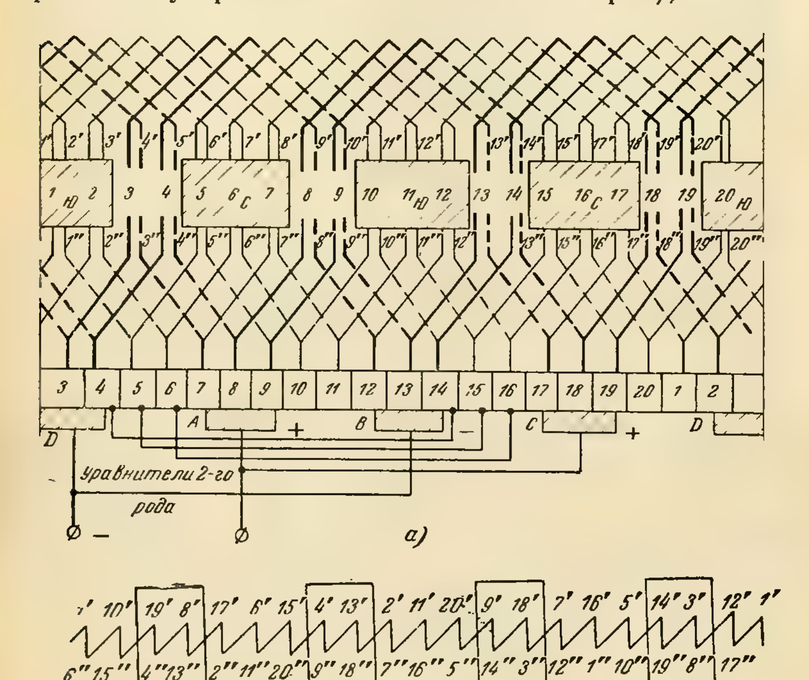


Рис. 17. Схема сложной однократно замкнутой левой волновой обмотки (*а*) и соединение сторон секций обмотки (*б*).

подшипников в процессе эксплуатации, несимметричное расположение щеток на коллекторе, неоднородность материала магнитной цепи (наличие раковин в машине, плохая сборка полюсов) и т. п. Все это может быть причиной неравенства э. д. с. отдельных параллельных ветвей.

Неравенства э. д. с. отдельных ветвей вызывают *уравнительные токи*, которые нагревают обмотку, увеличивают плотность тока под щетками и в отдельных

---

[1] С условиями симметрии обмоток различных типов можно ознакомиться в [Л. 2, 6 и др.].

случаях исключают нормальную работу машины из-за сильного перегрева обмотки якоря и искрения на коллекторе. Уравнительные токи проходят от точек с бо̀льшим потенциалом к точкам с меньшим потенциалом. Уравнительные токи складываются с током нагрузки, вследствие чего ухудшаются условия работы машины (перегрев отдельных частей, значительные электрические потери, уменьшение к. п. д. и т. п.).

Уравнители. Для уменьшения уравнительных токов применяют уравнительные соединения (*уравнители*), которые представляют собой медные проводники, соединяющие точки обмотки с теоретически равными потенциалами. Сечение уравнителей берется равным $\frac{1}{2}-\frac{1}{4}$ сечения проводника обмотки. Уравнительными соединениями соединяют доступные точки, а именно концы секций, присоединяемые к коллекторным пластинам, или лобовые части обмотки со стороны, обратной коллектору. При наличии уравнительных соединений уравнительные токи будут проходить преимущественно по этим соединениям. В машинах постоянного тока в зависимости от типа обмотки и мощности машины применяются уравнители первого, второго и третьего родов или сочетания их. В простой петлевой обмотке применяют уравнительные соединения первого рода. Наибольшее возможное число уравнителей в такой обмотке равно K/a, так как каждую коллекторную пластину и, стало быть, каждую секцию одной пары ветвей можно соединить с соответствующими пластинами или секциями других $a-1$ пар ветвей. Такие машины называются машинами с полным числом уравнителей. Но при этом довольно велик расход меди и усложняется конструкция машины. Поэтому часто применяют не полное число уравнителей; например, для машин мощностью до 500 *квт* при скорости вращения до 1 000 *об/мин* уравнительными соединениями соединяют каждую вторую или каждую третью пластину коллектора.

Шаг уравнительных соединений измеряется числом секций или числом коллекторных пластин, соответствующих одной паре параллельных ветвей:

$$y_{ур}=\frac{K}{a}=\frac{S}{a}=\frac{K}{p}.$$

Пример. Определить шаг уравнительных соединений обмотки якоря, у которой $K=216$ и $2p=6$.

Шаг уравнительных соединений

$$y_{\text{ур}} = \frac{K}{p} = \frac{216}{3} = 72.$$

Первое уравнительное соединение следует присоединить к 1-й и 73-й пластинам.

Число коллекторных пластин, соединяемых одним уравнителем, равно числу пар полюсов, т. е. 3. Если уравнители ставить через две пластины, то их потребуется $\frac{72}{3} = 24$.

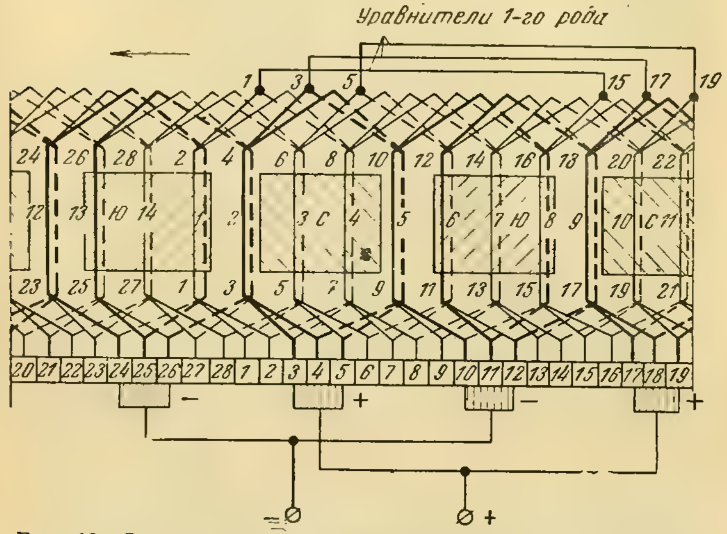


Рис. 18. Схема простой петлевой равносекционной обмотки с уравнителями первого рода.

$K = z_э = S = 28$; $u_п = 2$; $2p = 4$; $z = 14$. Цифры в среднем горизонтальном ряду означают номера пазов; цифры, поставленные сверху и снизу у каждого паза, соответствуют номерам секций, уложенных в паз.

На рис. 18 показана группа уравнителей, установленных в лобовых частях, на стороне, противоположной коллектору. Так как шаг уравнителей

$$y_{\text{ур}} = \frac{S}{a} = \frac{28}{2} = 14,$$

то можно соединить секции *1—15*, *3—17* и т. д.

В сложных петлевых обмотках применяют уравнители первого и второго родов. Уравнители первого рода необходимы в каждой из простых петлевых обмоток, а уравнители второго рода — для выравнивания напряжения по коллектору и равномерного распределения токов между отдельными простыми обмотками.

На рис. 19 показано устройство уравнителей **второго рода**, обычно применяемых в сложных волновых обмотках. Для обеспечения правильного распределения напряжения между соседними пластинами соединены середина секции *1*, расположенной на лобовой части стороны, противоположной коллектору, с промежуточной пластиной *2*.

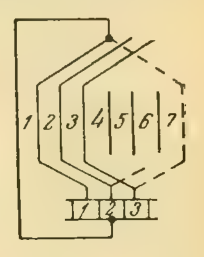


Рис. 19. Устройство уравнителей второго рода.

Уравнители выполняют под лобовыми частями обмотки со стороны, противоположной коллектору, в виде колец (рис. 20,*а*) или вилок (рис. 20,*б*), а со стороны коллектора (рис. 20,*в*) — только в виде вилок.

В машинах большой мощности уравнители устраивают таким образом, что они играют роль петушков.

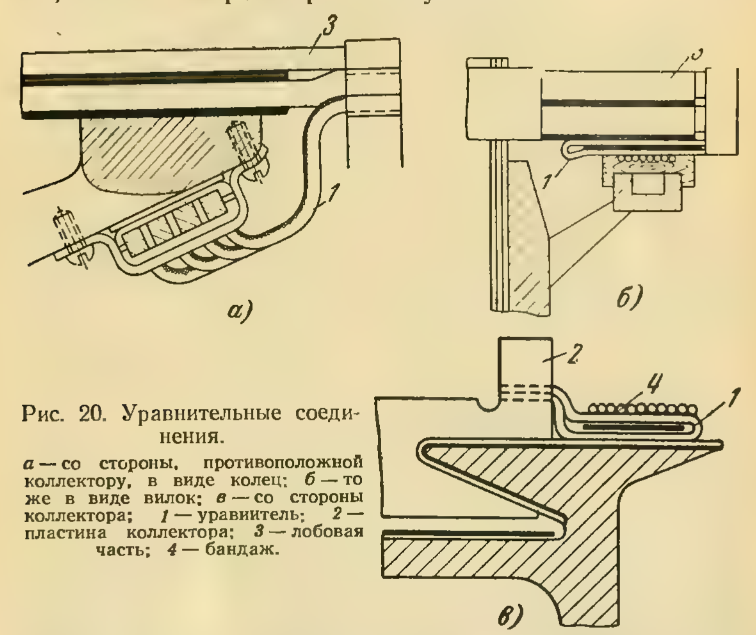


Рис. 20. Уравнительные соединения.

а — со стороны, противоположной коллектору, в виде колец; *б* — то же в виде вилок; *в* — со стороны коллектора; *1* — уравнитель; *2* — пластина коллектора; *3* — лобовая часть; *4* — бандаж.

В машинах большой мощности в сложных петлевых двукратно замкнутых обмотках, кроме уравнителей первого и второго родов, может применяться дополнительно еще один вид уравнительных соединений, предназначенный для создания одинаковых условий коммутации во всех

секциях обмотки якоря. Эти соединения называют уравнителями третьего рода.

Уравнители третьего рода укладывают между валом и сталью якоря. На практике из-за сложности выполнения уравнители третьего рода применяются очень редко, поэтому ограничимся здесь только упоминанием о их существовании.

Обмотка смешанного типа (лягушечья) представляет собой сочетание простой или сложной петлевой и сложной волновой обмоток, при котором удается обойтись без специальных уравнителей, что является одним из

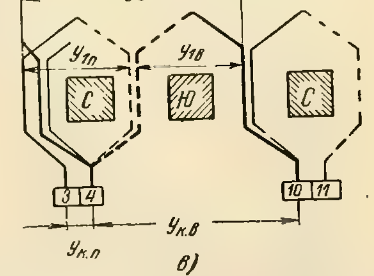


Рис. 21. Лягушечья обмотка.
а — секция обмотки; *б* — расположение секций в пазах; *в* — принципиальная схема.

главных преимуществ ее по сравнению с петлевыми обмотками, в особенности двукратно замкнутыми сложными петлевыми. Эта обмотка применяется в машинах большой мощности. Обе обмотки присоединяют к одному коллектору; в обеих обмотках число параллельных ветвей должно быть одинаковым. Кроме того, обе обмотки состоят из одинакового числа секций и каждая обмотка служит для проведения половины общего тока. Свое наименование лягушечья обмотка получила потому, что ее секции (рис. 21,*а*) несколько напоминает по очертанию лягушку.

Первые частичные шаги простой петлевой обмотки и сложной волновой обмотки связаны соотношением $y_{1п}+y_{1в}=\frac{K}{p}$. Сумма шагов по коллектору петлевой и волновой обмоток равна потенциальному шагу (т. е. шагу уравнительных соединений петлевой обмотки): $y_{к.п}+$ $+y_{к.в}=\frac{K}{p}=y_{ур}$. Это условие является обязательным для всех комбинированных обмоток, так как только

в этом случае секции обмоток будут выполнять роль уравнительных соединений. Конструктивно секции обеих сторон обмотки при изготовлении объединяют в общие шаблоны и укладывают совместно в пазы якоря в четыре слоя.

Сравнительные характеристики и выбор обмоток. Мы познакомились с основными типами обмоток. Сформулируем выводы:

Простая петлевая обмотка имеет p пар параллельных ветвей и применяется для машин средней мощности[1] нормального напряжения[2] и машин большой мощности повышенного напряжения.

Сложная петлевая обмотка имеет mp пар параллельных ветвей и применяется для машин малой мощности низкого напряжения и машин большой мощности нормального, пониженного и низкого напряжения.

Простая волновая обмотка имеет число пар параллельных ветвей, равное 1, и применяется для машин малой мощности нормального напряжения и машин средней и большой мощности повышенного и высокого напряжения.

Сложная волновая обмотка имеет m пар параллельных ветвей и применяется для машин средней мощности повышенного напряжения.

Комбинированная (лягушечья) обмотка имеет $2m_{п}p$ параллельных ветвей (где $m_{п}$ — число ходов петлевой обмотки) и применяется для машин большой мощности.

В ремонтной практике при замене обмотки без изменения технических данных машин следует выполнять обмотку такой, какой она была выполнена заводом-изготовителем. При изменении технических данных (напряжения, скорости вращения) при выборе обмотки следует руководствоваться следующими соображениями:

Ток в параллельной ветви обмотки якоря не должен превышать 300 *а*.

Предпочтение следует отдавать простой волновой обмотке, так как она не требует уравнителей. Кроме того, при волновой обмотке число активных проводников

---

[1] Машины малой мощности — до 50 *квт*, средней — от 50 до 500 *квт*, большой мощности — от 500 *квт* и выше.

[2] Машины низкого напряжения — до 24 *в* включительно, пониженного напряжения — от 60 до 80 *в*, нормального — от 110 до 220 *в*, повышенного — от 400 до 600 *в* и высокого — от 750 *в* и выше

366—1

в пазу будет наименьшим, поэтому занимаемое изоляцией проводников место также будет наименьшим.

Достоинство петлевой обмотки состоит в том, что она сравнительно более проста в изготовлении и позволяет иметь удобные для намотки конструктивные размеры проводов в машинах средней и большой мощности.

Обмотки полюсов. Как уже упоминалось, в машине постоянного тока для создания магнитного потока служат главные полюсы, а для улучшения коммутации — добавочные.

Обмотки главных полюсов по способу соединения с обмоткой якоря разделяются на последовательные (сериесные), параллельные (шунтовые) и смешанные (компаундные). Последовательные обмотки всегда имеют малое количество витков и большое поперечное сечение провода; параллельные обмотки имеют большое количество витков при малом поперечном сечении, и они присоединяются на полное напряжение сети.

Обмотки дополнительных полюсов включаются последовательно с обмоткой якоря, благодаря чему их н. с. при изменениях нагрузки машины изменяется прямо пропорционально току в обмотке якоря.

Полярность полюсов зависит от направления тока в проводнике катушки и направления намотки самой катушки.

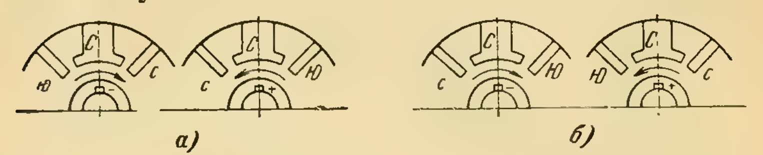
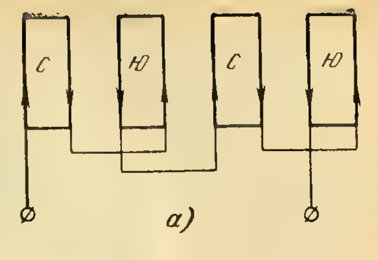


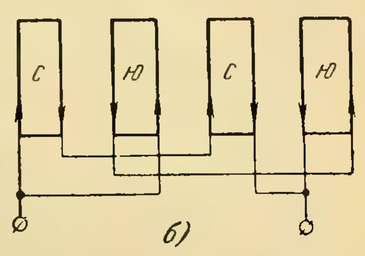
Рис. 22. Правильное чередование полюсов.
а — двигатель; *б* — генератор.

На рис. 22 показано правильное чередование главных *С* и *Ю* и добавочных *с* и *ю* полюсов для двигателя и генератора для случая неперекрещенной обмотки. Схема соединений между катушками сохраняется одинаковой для правого и левого вращения, а меняется только полярность полюсов и щеток в силу изменения направления тока. Для уменьшения влияния магнитного поля, образованного током якоря (реакция якоря), на рабочий магнитный поток главных полюсов применяются так называемые компенсационные обмотки. Эти обмотки закладываются в пазы полюсных наконечников и соединяются последовательно с обмоткой якоря.

Схемы обмоток полюсов очень просты. Обычно их изображают в развернутом виде на плоскости, где их располагают по порядку следования полярности. Затем указывают направление токов (согласно полярности) и соединяют катушки, руководствуясь направлением токов. Число катушек возбуждения (главных полюсов) всегда равно числу полюсов. Максимально возможное число параллельных ветвей равно числу катушек.

На рис. 23 приведены схемы соединений обмоток возбуждения четырехполюсной машины с различным соединением катушек. Основным правилом при соединении катушек в параллельные ветви является то, чтобы направление тока в проводах катушек после образования параллельных ветвей было таким же, каким оно было бы при последовательном соединении.





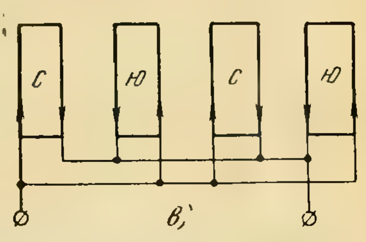


Рис. 23. Схемы соединений обмоток возбуждения четырехполюсной машины.

а — катушки соединены последовательно; *б* — катушки соединены в две параллельные ветви; *в* — катушки соединены в четыре параллельные ветви.

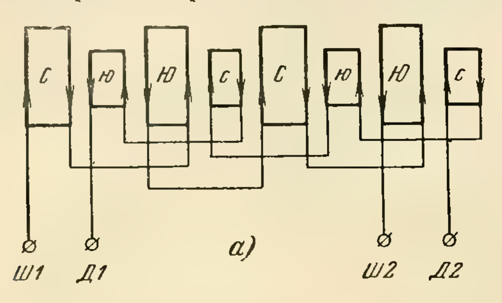
Схемы обмоток возбуждения и обмоток добавочных полюсов с последовательным соединением катушек двигателя и генератора при вращении их по часовой стрелке приведены на рис. 24*.

---

* В соответствии с ГОСТ 183-66 выводы обмоток машин постоянного тока обозначаются следующим образом:

	Начало	*Конец*
Обмотка якоря	*Я1*	*Я2*
Компенсационная обмотка	*К1*	*К2*
Обмотка добавочных полюсов	*Д1*	*Д2*
Последовательная обмотка возбуждения	*С1*	*С2*
Параллельная и независимая обмотки возбуждения	*Ш1*	*Ш2*
Пусковая обмотка	*П1*	*П2*
Уравнительный провод (обмотка)	*У1*	*У2*
Обмотка особого назначения	*О1; О3*	*О2; О4*

Провод, с которого начата обмотка, называют началом обмотки и обозначают через *Н*. Конец обмотки обозначается через *К*. При намотке необходимо следить,



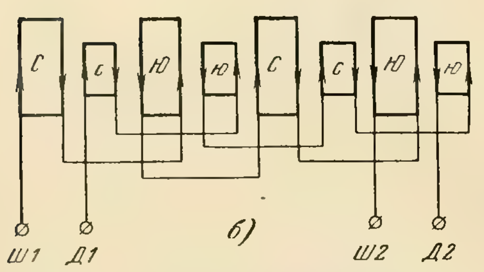


Рис. 24. Схемы обмотки возбуждения и обмотки добавочных полюсов с последовательным соединением катушек.

а — четырехполюсного двигателя; *б* — то же генератора.

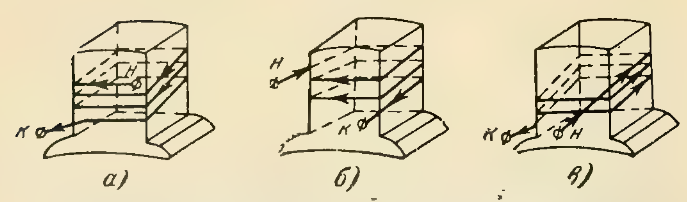


Рис. 25. Направления намотки катушек полюсов.

а — по часовой стрелке «с переводом»; *б* — то же «с недоводом»; *в* — против часовой стрелки.

чтобы все катушки были намотаны в одном направлении. При комплектовании катушки соединяют по следующему правилу: начало одной катушки соединяют с на-

чалом другой или конец одной катушки — с концом другой. При соединении катушек, кроме направления намотки, надо знать, как они выполнены: с недоводом или переводом. На рис. 25 показаны различные выполнения катушек полюсов. Выполнение катушек с недоводом и переводом необходимо для того, чтобы две рядом расположенные катушки можно было соединить без длинных торцовых перекрещивающихся проводов. Поэтому при комплектовании катушек попарно берут одну катушку с недоводом, а другую с переводом.

3. НЕИСПРАВНОСТИ ОБМОТОК И УСТРАНЕНИЕ ИХ

Замыкание обмотки якоря на корпус происходит из-за механических повреждений изоляции. Причинами механических повреждений являются: наличие в пазах выступающих листов активной стали и заусенцев, тугое заполнение паза, неплотная укладка обмотки в пазы, от чего провода под действием центробежных сил при вращении перемещаются в пазу, ослабление бандажей и др.

Кроме механических повреждений изоляции, причинами замыкания на корпус могут явиться увлажнение изоляции, попадание в пазы и лобовые части припоя, сильный и длительный перегрев машины, распайка соединений и др.

Замыкание обмотки якоря на корпус можно обнаружить контрольной лампой (рис. 26,*а*). При проверке лампу присоединяют одним концом к сети, а другим — к коллектору. Второй (свободный) конец сети присоединяют к валу якоря. Загорание лампочки свидетельствует о замыкании обмотки на корпус. Для такой проверки можно пользоваться также мегомметром.

Место замыкания обмотки на корпус можно определить по схеме, приведенной на рис. 27.

В схеме, приведенной на рис. 27,*а*, питание от источника постоянного тока подключают к щеткам через предохранитель *П*. Ток регулируют реостатом *R*. Щуп одного из проводов от милливольтметра *mV* присоединяют к сердечнику или валу якоря, а другим касаются любой пластины коллектора. Источником тока может служить аккумуляторная батарея или сеть постоянного тока напряжением 220 или 110 *в*. При отыскании по-

вреждения достаточен ток 6—8 *а*. Милливольтметр берут со шкалой до 50 *мв*.

При петлевой обмотке присоединение к коллектору производят в двух диаметрально противоположных точках. При волновой обмотке соединение к пластинам

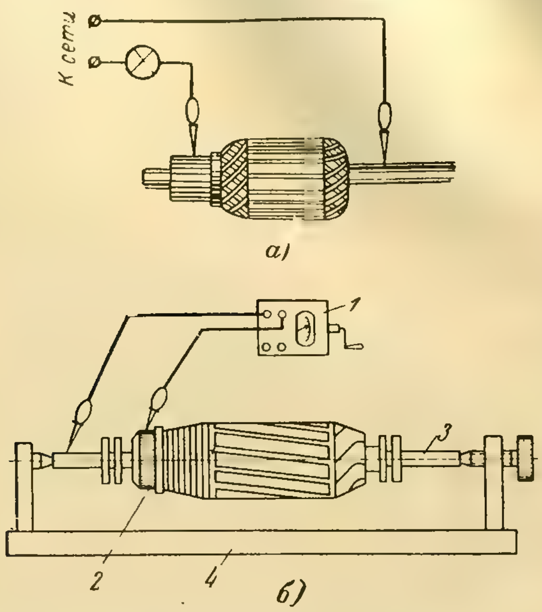


Рис. 26. Проверка замыкания обмоток на корпус.

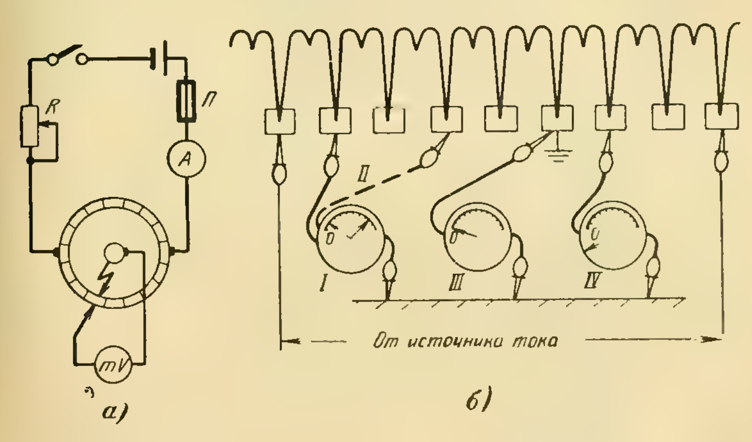
а — контрольной лампой; *б* — мегомметром: *1* — мегомметр; *2* — коллектор; *3* — вал; *4* — подставка.

производят на расстоянии половины шага по коллектору.

При замыкании на корпус в петлевой обмотке стрелка прибора покажет отклонение, равное сумме падений напряжений в секциях, оказавшихся между секцией, замкнутой на корпус, и той, к которой присоединен второй щуп (рис. 27,*б*, положение *I* — сплошная стрелка). Щуп, присоединенный к коллектору, передвигают в одну и другую стороны. При его приближении к замкнутой на корпус секции показания прибора будут уменьшаться (положение *II* — пунктирная стрелка), так как будет уменьшаться число секций, на которых измеряется падение напряжения. Когда щуп будет соединен с секцией, которая замкнута на корпус, стрелка милли-

вольтметра станет на нуль (положение *III*). Если двигать щуп дальше, то стрелка прибора отклонится в обратную сторону (положение *IV*).

При проверке **волновой** обмотки наименьшие показания будут давать пластины коллектора, либо непосредственно замкнутые на корпус, либо замкнутые на корпус через секции обмотки.



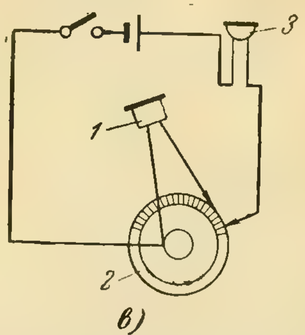


Рис. 27. Определение места замыкания обмотки на корпус.

а — по падению напряжения; *б* — показания прибора при отыскании замыканий (для петлевой обмотки); *в* — прослушиванием.

Место замыкания определяют также «прослушиванием» обмотки (рис. 27,*в*). Для этого аккумуляторную батарею и зуммер *3* присоединяют к валу якоря и любой коллекторной пластине. К валу присоединяют также один вывод телефона *1*; другой вывод его перемещают по коллектору *2*. Чем ближе перемещаемый проводник к замкнутой пластине или секции, тем слабее шум в телефоне. При касании проводником замкнутой на корпус секции шум исчезает.

Если указанные выше способы не дают положительных результатов, то приходится путем распайки делить обмотку на части и проверять мегомметром каждую часть в отдельности. При обнаружении замыкания в одной из частей обмотки ее продолжают делить на части до тех пор, пока не будет обнаружена секция, замкнутая на корпус.

Замыкания на корпус устраняют следующим образом:

Если замыкание произошло в местах выхода секций из пазов, то вгоняют под секцию небольшие клинья из фибры, бука или другого изоляционного материала.

Если замыкание произошло в пазовой части секции, то секцию переизолируют или заменяют новой.

При отсыревании обмотки ее просушивают.

Если обнаружено замыкание пластин на корпус, то следует произвести ремонт коллектора с разборкой.

Межвитковые замыкания — соединение витков внутри обмотки вследствие повреждения изоляции обмоточных проводов. Чаще всего межвитковые замыкания происходят при повреждении изоляции проводников во время рихтовки и осадки катушек, при укладке обмотки, из-за попадания припоя или стружки между витками, при пробое обмотки на корпус, вследствие перекрещивания проводов в пазовой части при всыпной обмотке и т. п.

Межвитковые замыкания могут быть в одной или нескольких секциях якоря или между секциями вследствие замыкания смежных пластин коллектора. При замыкании между концами секции или между пластинами коллектора, а также при соединении между собой отдельных витков секции в обмотке якоря образуются замкнутые контуры.

В петлевой обмотке замыкание между двумя смежными пластинами вызывает замыкание только секции, которая присоединена к этим пластинам, и число действующих в обмотке витков уменьшается на число витков, заключающихся в одной секции.

В волновой обмотке замыкание между двумя смежными пластинами вызывает замыкание ряда секций, которые заключены в одном полном обходе вокруг якоря. Число их равно числу пар полюсов машины.

В короткозамкнутых контурах при вращении их в магнитном поле индуктируется э. д. с., которая вызывает большие токи короткого замыкания вследствие ма-

лого сопротивления этих контуров. Короткозамкнутые витки, появившиеся во время работы машины, сильно разогреваются проходящим через обмотку током и обычно сгорают.

У якорей с волновой обмоткой, а также в обмотках, имеющих уравнительные соединения при значительном числе замкнутых секций, невозможно по нагреву определить короткозамкнутую ветвь, так как нагревается весь якорь. Иногда место витковых замыканий может быть обнаружено при внешнем осмотре по обуглившейся и сгоревшей изоляции секции.

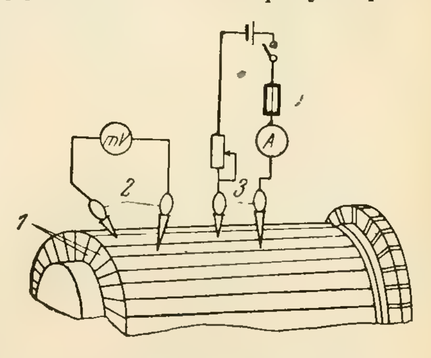


Рис. 28. Проверка отсутствия замыкания между витками якоря по падению напряжения

Наиболее простые и часто встречающиеся случаи (например, замыкания витков одной секции, между соседними коллекторными пластинами или же между соседними секциями, находящимися в одном слое обмотки) обнаруживаются по падению напряжения, прослушиванием и другими способами.

Способ определения повреждений по падению напряжения (рис. 28) заключается в следующем. К паре коллекторных пластин *1* подводится постоянный ток с помощью щупов *3*. Щупами *2* измеряют падение напряжения на этой же паре пластин. При замыкании в секции, которая присоединена к проверяемой паре пластин, получается меньшее падение напряжения при одном и том же токе, чем на другой паре пластин, между которыми нет замыкания. Чем больше короткозамкнутых витков, тем меньше падение напряжения. Наименьшее падение напряжения (или равное нулю) будет при замыкании между самими коллекторными пластинами.

Таким образом проверяется весь якорь и производится сравнение результатов измерений. Проверку якоря следует производить при поднятых щетках. Параметры схемы такие же, как и на рис. 27,*а*.

Чтобы предупредить повреждение милливольтметра (рис. 28), необходимо сначала прикладывать к коллек-

тору щупы *3*, а затем щупы *2*; отнимать щупы нужно в обратном порядке.

Хорошие результаты этот способ дает при определении замыканий между витками в секции с небольшим

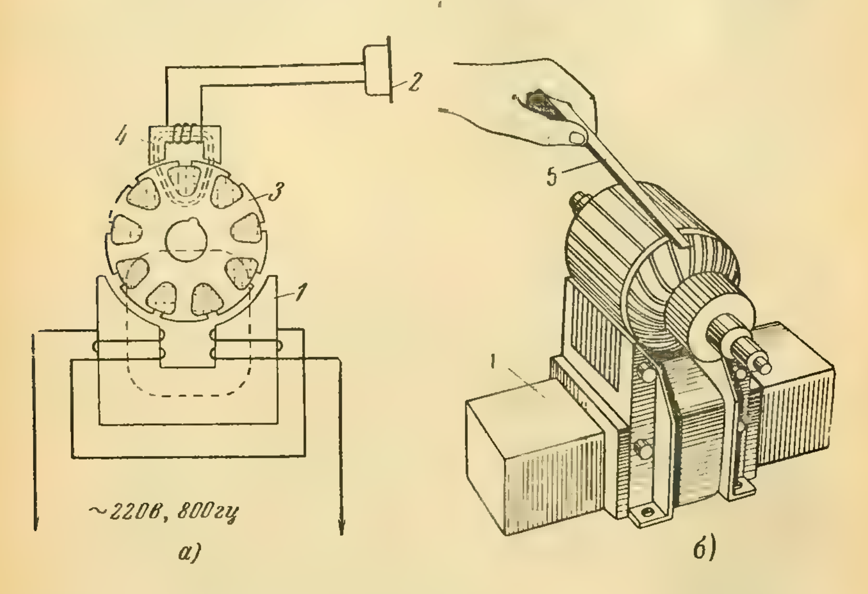


Рис. 29. Проверка обмотки якоря на отсутствие межвиткового замыкания.

а — с помощью телефона; *б* — с помощью стальной пластины.

количеством витков (стержневые обмотки). В многовитковых секциях при замыкании одного-двух витков разница в показаниях милливольтметра на коллекторных пластинах исправной секции и поврежденной может оказаться незначительной.

На рис. 29 показаны схемы для определения межвитковых замыканий с помощью телефона и стальной пластины. Испытательная установка состоит из электромагнита *1*, питаемого переменным током повышенной частоты. Якорь *3* устанавливают над электромагнитом. При межвитковом замыкании в какой-либо секции в ней будет проходить большой ток, что обнаружится по нагреву. С помощью телефона *2* и электромагнита *4* можно быстро определить паз с поврежденной секцией. При исправных секциях обмотки в телефоне *2* слышен

слабый, одинаковой силы звук. Если же одна из секций имеет межвитковое замыкание, то звук в телефоне заметно усиливается.

Для полной проверки обмотки нужно переставлять электромагнит *4* по зубцам якоря, пока последний не будет обойден кругом. Если к зубцам сердечника, охватывающим неисправную секцию, поднести тонкую стальную пластину *5* (рис. 29,*б*), то она начнет дребезжать. Этим способом обнаруживается замыкание смежных пластин коллектора, которое вызывает те же явления, что и межвитковое замыкание.

Для определения межвитковых замыканий может быть использована схема, показанная на рис. 27,*в*. Для этого второй проводник присоединяют не к валу, как показано на рисунке, а к коллекторной пластине. Провода от телефона *1* присоединяют к двум смежным пластинам.

Секцию, имеющую витковое замыкание, обычно заменяют новой. Переизолировкой одного лишь места замыкания можно ограничиться только в случае неполного контакта в месте замыкания, да и то при отсутствии иных повреждений изоляции.

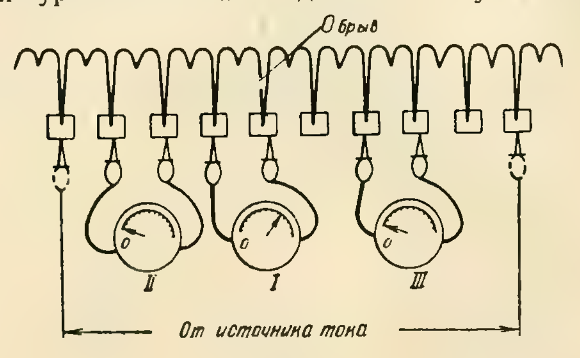
В случае необходимости (в качестве временной меры) при небольшом числе коллекторных пластин производят выключение из работы поврежденных секций. Выключение одной секции не отражается заметным образом на коммутации машины.

Обрывы в обмотке якоря возникают вследствие выплавления припоя из-за перегрева обмоток при перегрузках, короткого замыкания, надлома от частых изгибаний лобовых частей обмотки и т. п. Обрывы чаще всего происходят в обмотках из тонкого провода из-за малой механической прочности его. Обрыв в обмотке или плохой контакт сильно ухудшает коммутацию машины и может вызвать значительное искрение на коллекторе и подгорание его. Если якорь работает длительное время с обрывом, то образующаяся в месте обрыва дуга может постепенно прожечь изоляцию и привести к замыканию обмотки на корпус.

В петлевой обмотке обрыв сопровождается искрением на коллекторе и подгоранием двух смежных пластин, к которым присоединена поврежденная секция. При волновой обмотке подгорает несколько пар соседних пластин (по числу полюсов), к которым присо-

единены секции одной последовательной цепи этой обмотки. При этом подгорают обращенные друг к другу края соседних пластин.

Как при плохом контакте, так и при обрыве при наличии уравнительных соединений могут подгореть,



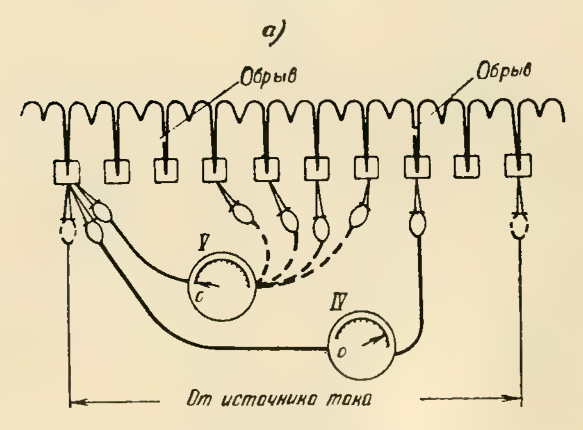


Рис. 30. Отыскание одного (*а*) и двух (*б*) обрывов в петлевой обмотке.

кроме пластин, относящихся к неисправным секциям, и коллекторные пластины, отстоящие от них на двойное полюсное деление и связанные с ними уравнительными соединениями. Место обрыва можно определить по падению напряжения.

При обрыве какой-либо секции (рис. 30,*а*) не будет тока во всей половине обмотки, в которой находится неисправная секция, поэтому прибор везде покажет

нуль (положения *II* и *III*), кроме случая, когда провода прибора будут присоединены к концам оборванной секции. При этом цепь будет замкнута через прибор и стрелка его отклонится так же, как если бы провода прибора были присоединены непосредственно к источнику тока (положение *I*).

При двух обрывах (рис. 30,*б*), если замыкать попарно пластины коллектора, прибор ничего не покажет на всем участке между пластинами, к которым подведено напряжение. Для нахождения мест обрывов поступают следующим образом: один из щупов от проводов, соединенных с прибором, устанавливают на коллекторную пластину, к которой подводится питание, а другой перемещают по коллектору, начиная от другого подводящего питание щупа. При этом показания прибора будут максимальными (положение *IV*). Когда передвигаемый по коллектору щуп «пройдет» место обрыва, прибор покажет нуль (положение *V*). Найдя один обрыв, таким же образом отыскивают другой.

При обрывах в волновой обмотке наибольшее отклонение будет иметь место на нескольких парах пластин, находящихся попарно на расстоянии шага по коллектору друг от друга. Обрывы в якоре, имеющем параллельные ветви, могут быть также определены измерением их сопротивления. При обрыве одной из секций сопротивление обмотки резко возрастает.

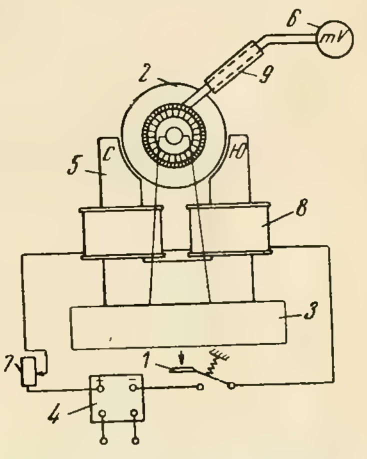


Рис. 31. Установка для проверки правильности соединения обмотки якоря с пластинами коллектора.

После укладки обмотки якоря в пазы сердечника она должна быть проверена на правильность соединения с пластинами коллектора. Эту проверку производят после того, как концы секций обмотки зачищены до металлического блеска и заложены в прорези коллекторных пластин. На рис. 31 показана схема установки, необходимой для этой цели. На деревянных стойках, при-

вернутых к деревянному основанию *3*, устанавливается якорь *2*. Под якорем помещен электромагнит *5*, сердечник которого изготовлен из П-образных листов электротехнической стали. Обмотка электромагнита *8* состоит из двух катушек, которые соединены так, что при прохождении по ним тока возникают два разноименных магнитных полюса *С* и *Ю*. Катушки получают питание от выпрямителя *4* через реостат *7*. Выключателем служит ножная педаль *1*. Вилкой *9* милливольтметр *6* соединяется с двумя смежными пластинами. В момент размыкания контактов педалью *1* в обмотке якоря индуктируются импульсы. При правильном соединении обмотки и положении вилки *9* на любых смежных пластинах коллектора стрелка милливольтметра *6* должна отклоняться в одну и ту же сторону и приблизительно до одного и того же деления шкалы.

Неисправности в обмотках полюсов и устранение их. Катушки полюсов меньше подвергаются повреждениям, так как они неподвижно закреплены на полюсах. Чаще всего катушки повреждаются на углах внутри катушки, у места выхода внутреннего выводного конца вследствие неправильной установки его в начале намотки и т. п. К причинам повреждения можно отнести нарушение изоляции из-за того, что она плохо натянута, неравномерную укладку изоляции, выступы и заусенцы металлического каркаса и др. Наиболее часто встречаются следующие неисправности обмоток полюсов: обрыв или плохой контакт, межвитковые замыкания и замыкание обмоток на корпус.

Межвитковое замыкание в катушках полюсов. Поврежденная катушка со значительным числом замкнутых витков имеет уменьшенное сопротивление. Ее можно легко обнаружить, если измерить сопротивления всех катушек измерительным мостом, тестером, методом амперметра и вольтметра (постоянным током) и др. При измерении сопротивления методом амперметра и вольтметра испытуемая катушка включается в сеть через сопротивление, которым может регулироваться ток в катушке. По показаниям амперметра и вольтметра находят по закону Ома сопротивление катушки. Сопротивление всех катушек, не имеющих витковых соединений, одинаково. В катушках с замкнутыми витками будет меньше сопротивление, чем в катушках, не имеющих замкнутых витков.

Замыкания в обмотках полюсов, если они находятся не на выводных концах, устраняют частичной или полной перемоткой. С катушки отматывают витки и одновременно производят осмотр. Если витковые замыкания вызваны увлажнением изоляции, то катушку следует просушить.

Обрывы в обмотках полюсов бывают только в катушках, которые изготовлены из проволоки небольшого сечения. Место обрыва можно определить вольтметром, которым измеряют напряжение на всех катушках (рис. 32,*а*). При обрыве в катушке вольтметр, подключенный к зажимам поврежденной катушки, покажет полное напряжение сети. На исправных катушках вольтметр не даст отклонений. Обрыв можно также обнаружить контрольной лампой или мегомметром. Обрыв, а также плохой контакт в доступных местах устраняют пайкой.

Замыкание обмотки полюсов на корпус можно определить, если через всю обмотку пропустить постоянный ток. Один конец вольтметра (рис. 32,*б*) присоединяют к корпусу машины, а другой (свободный) — к выводу катушки. Вольтметр покажет наименьшее напряжение на выводах катушки, замкнутой на корпус.

Проверка последовательной обмотки или обмотки добавочных полюсов производится при пониженном напряжении, величина которого регулируется включенным последовательно реостатом. Вместо вольтметра для измерения напряжения применяют милливольтметр.

Замкнутую на корпус катушку можно обнаружить контрольной лампой или мегомметром. Для этого катушки разъединяют и проверяют отдельно. Для устранения замыкания на корпус снимают катушку с сердечника полюса и осматривают места соприкосновения ее как с корпусом, так и со станиной. Замыкания на корпус устраняют переизолировкой катушек, установкой изоляционных прокладок, сушкой при увлажнении и др.

Правильность соединения катушек полюсов проверяется компасом или намагниченной стрелкой (рис. 33). Для этого по обмоткам полюсов пропускают постоянный ток и к каждой катушке подносят компас или стрелку. Если чередование полярности полюсов правильное, то при перемещении, например, компаса внутри машины (при вынутом якоре) от полюса к полюсу стрелка компаса будет поочередно притягиваться к полюсам то одним, то другим концом.

Рис. 32. Определение места обрыва (*а*) и замыкания на корпус (*б*) в обмотках полюсов.

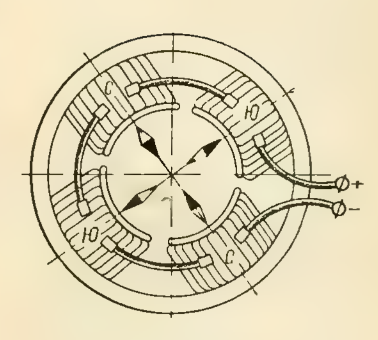


Рис. 33. Проверка полярности полюсов.

4. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ОБМОТОК. КОНСТРУКЦИЯ И ЗАГОТОВКА ИЗОЛЯЦИИ

Изоляция электрических машин должна иметь высокую электрическую прочность, обладать нагревостойкостью, влагостойкостью, теплостойкостью, химической стойкостью, маслостойкостью и т. д.

ГОСТ 8865-58 все электроизоляционные материалы, применяемые для изоляции электрических машин, подразделяет по нагревостойкости[1] на семь классов (табл. 1).

Обмоточные провода изготовляют с эмалевой, эмальволокнистой или волокнистой изоляцией. Класс нагревостойкости изоляции проводов обусловливается химическим составом эмалевого лака и природой волокнистого материала. Провода с волокнистой и эмальволокнистой изоляцией, содержащей целлюлозу и синтетические волокна, когда они пропитаны, относятся к классу нагревостойкости А: они невлагостойки, химически нестойки и не могут быть применены для машин, работающих в условиях повышенной влажности, тропического климата и в агрессивных средах. К ним относятся: провода с двойной (Д) хлопчатобумажной оплеткой марки ПБД и одной (О) хлопчатобумажной и второй (расположенной ближе к жиле) лавсановой, провода марки ПЛБД; провода с эмальволокнистой изоляцией марок ПЭБО, ПЭЛШО, ПЭЛШКО, ПЭВЛО, ПЭПЛО, изолированные слоем эмали и поверх нее оплеткой из хлопчатобумажной (Б), шелковой (Ш), капроновой (К) или лавсановой (Л) пряжи. Провода с шелковой и капроновой пряжей имеют более тонкую изоляцию и несколько более высокую влагостойкость; нагревостойкость проводов с хлопчатобумажной, шелковой и капроновой пряжей класса А, с лавсановой — класса Е.

Провода с лавсановой изоляцией применяют только в некоторых обмотках при диаметре провода до 1 *мм*. При бóльших диаметрах провода лавсановая пряжа разрушается, раскручивается и приходит в негодность.

Провода со стекловолокнистой изоляцией марок ПСД применяются в машинах с изоляцией классов В и F. В машинах с нагревостойкостью класса Н применяют провода со стекловолокнистой изоляцией марок ПСДК и ПСДКТ.

В настоящее время провода с волокнистой и эмальволокнистой изоляцией все более вытесняются проводами с эмалевой изоляцией, так как последние имеют толщину изоляционного слоя, в 1,5 раза меньшую, чем провода марки ПЭЛШО, в 2 раза меньшую, чем провода марок ПЭЛБО и ПСДТ, и в 3 раза меньшую, чем провода марок ПБД и ПСД. Преимуществом эмалированных проводов является то, что они имеют гладкую скользкую поверхность, облегчающую укладку их в пазы якоря. Эмалевая изоляция также более теплопроводна, чем эмальволокнистая; поэтому применение проводов с эмалевой изоляцией снижает перегревы машин.

---

[1] Нагревостойкость — способность электроизоляционного материала выполнять свои функции при воздействии рабочей температуры в течение времени, сравнимого с расчетным сроком нормальной эксплуатации электрооборудования

Таблица 1

Класс нагревостойкости[1]	Максимальная рабочая температура изоляционных материалов, °С	Краткая характеристика применяемых материалов по данному классу нагревостойкости
1	2	3
Y	90	Не пропитанные и не погруженные в жидкий электроизоляционный материал волокнистые материалы: хлопчатобумажное волокно, картон, дерево, бумага, натуральный шелк и др., а также соответствующие данному классу материалы и их сочетания.
A	105	То же, но пропитанные масляными, масляно-смоляными или другими электроизоляционными лаками, а также другие материалы и их сочетания, соответствующие данному классу
E	120	Некоторые синтетические органические пленки, а также соответствующие данному классу другие материалы и другие сочетания материалов
B	130	Материалы на основе слюды (в том числе на органических подложках), асбеста и стекловолокна, применяемые с органическими связующими и пропитывающими составами (миканит, асбестовая лента, стеклотекстолит, стеклолакоткань и другие материалы и их сочетания, соответствующие данному классу)
F	155	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с синтетическими связующими и пропиточными составами, а также другие материалы, соответствующие данному классу
H	180	Материалы из слюды, асбеста, стекловолокна, применяемые в сочетании с кремнийорганическими связующими и пропитывающими составами, а также другие материалы, соответствующие данному классу
C	Более 180	Слюда, керамические материалы, стекло, кварц, применяемые без связующих составов или с неорганическими или элементоорганическими связующими составами, а также соответствующие данному классу другие материалы и другие сочетания материалов

Примечания: 1. Указанные температуры являются предельно допустимыми для электроизоляционных материалов при длительном использовании их в электрических машинах и аппаратах, работающих в нормальных эксплуатационных условиях.

2. Температура в наиболее нагретом месте изоляции не должна превышать указанных предельно допустимых величин при работе электрооборудования в нормальном режиме.

3. С электроизоляционными материалами данного класса допускается

совместное применение материалов предшествующих классов, при условии, что под действием температуры, допускаемой для материалов более высокого класса, электрические и механические свойства комплексной изоляции не должны претерпевать изменений, могущих вызвать непригодность изоляции для длительной работы.

---

[1] Новые обозначения классов электроизоляционных материалов по нагревостойкости соответствуют следующим старым обозначениям классов:

Старое	*Новое*
0	Y
AB	E
BC	F
CB	H

Обозначения остальных классов остались прежними.

Наиболее широкое применение получили провода с эмалевой изоляцией марок ПЭВ-2, ПЭЛР-2, ПЭВТЛ-2, ПЭТВЛ, ПЭМ-2 и др.

Характеристики круглых проводов для обмоток машин постоянного тока мощностью до 9 *квт* приведены в табл. 2, а толщины изоляции проводов различных марок — в табл. 3.

Таблица 2

Исполнение	Марка провода для класса изоляции				
	A	E	B	F	H
Нормальное	ПБД ПЭЛШКО ПЭВ-2 ПЭЛБО ПЭЛР-2	ПЭТВ, ПЭВТЛ-2 ПСДТ ПСД —	ПЭТВ, ПЭВТЛ-2 ПСД ПСДТ —	ПСД ПСДТ — —	ПСДК — ПСДКТ —
Усиленно влагостойкое и тропическое	ПЭВ-2 ПСД ПЭЛШКО ПСДТ	ПЭТВ, ПЭВТЛ-2 ПСД ПСДТ	ПЭТВ, ПЭВТЛ-2 ПСД ПСДТ	ПСД ПСДТ	ПСДК ПСДКТ — —
Химически стойкое	ПСД ПСДТ	ПСД ПСДТ	ПСД ПСДТ	ПСД ПСДТ	ПСДКТ ПСДК

В последние годы прямоугольные провода марок ПСД и ПБД заменяются проводами с эмалевой изоляцией марок ПЭВП, ПЭТВП. При такой замене благодаря уменьшению толщины изоляции и лучшей теплоотдаче можно повысить мощность машин на 15%. Надежность машины при замене проводов ПБД и ПСД соответствующими эмалированными проводами не снижается, так как изоляция эмалевых проводов не менее влагостойка и электрически прочна, чем волокнистая изоляция проводов.

Лакоткани и стеклолакоткани применяют в качестве основной изоляции обмоток с нагревом до температуры 105° С.

Лакоткани изготовляют следующих марок (ГОСТ 2214-66): ЛХС толщиной 0,15—0,3 *мм;* ЛХСМ и ЛХЧ толщиной 0,17—0,24 *мм;* ЛХСС толщиной 0,17 и 0,2 *мм;* ЛШС толщиной 0,08—0,15 *мм;*

Таблица 3

Диаметр голой меди, *мм*	Толщина изоляции на обе стороны, *мм*, для проводов марок						
	ПЭЛР-2; ПЭЗ-2; ПЭЗТЛ-2; ПЭТВ	ПЭЛБО; ПЭЛКО	ПЭЛШКО; ПЭЛШО	ПСДК; ПСД	ПСДТ	ПБД	ПСДКТ
0,2—0,25	0,04	0,125	0,09	—	—	0,19	0,13
0,27—0,29	0,05	0,155	0,10	—	—	0,22	0,13
0,31—0,35	0,05	0,16	0,105	0,23	0,18	0,22	0,14
0,38—0,49	0,06	0,165	0,11	0,23	0,18	0,22	0,14
0,51—0,69	0,07	0,17	0,115	0,25	0,19	0,22	0,18
0,72—0,96	0,09	0,18	0,125	0,25	0,20	0,22	0,18
1,0—1,56	0,11	0,21	0,135	0,27	0,21	0,27	0,20
1,62—2,10	0,11—0,12	0,21	0,155	0,27	0,23	0,27	0,23
2,26—5,2	—	—	—	0,33	—	0,33	—

ЛШСС толщиной 0,04—0,15 *мм*; ЛКС и ЛКСС толщиной 0,1—0,15 *мм*.

Хлопчатобумажные и шелковые лакоткани всех марок относятся к классу нагревостойкости А и их нельзя применять в машинах влагостойкого, тропического и химически стойкого исполнений. Светлые лакоткани и лакошелк (марок ЛХС, ЛКС и ЛШС) стойки к воздействию шеллака и бензина и достаточно эластичны. Лакоткани и лакошелк нашли широкое применение при ремонте в качестве основной изоляции паза, изоляции лобовых частей, катушек и внутримашинных соединений.

Стеклолакоткани выпускаются марок ЛСМ, ЛСЭ, ЛСЛ, ЛСБ, ЛСП и ЛСК. Нагревостойкость стеклолакотканей определяется нагревостойкостью их лакового покрытия. Широкое применение из стеклолакотканей имеют эскапоновая стеклолакоткань марки ЛСЭ и латексная марки ЛСЛ. При применении этих стеклолакотканей значительно повышается механическая прочность пазовой изоляции и исключается нарушение лаковых пленок при укладке обмотки. Высокая прочность латексной стеклолакоткани позволяет разрезать ее вдоль основы, а не по диагонали, как у всех стекло- и лакотканей. Для пазовой изоляции она может быть применена такой же длины, как электрокартон.

В машинах малой мощности для пазовой изоляции целесообразно применять одну полиэтилентерефталатную пленку толщиной 0,1 *мм*. В более мощных машинах следует применять полиэтилентерефталатную пленку, один слой электрокартона (к стали) и один слой стеклолакоткани (к обмотке) или два слоя пленкоэлектрокартона.

К материалам классов изоляции В, F и Н относятся следующие **слюдяные материалы**, которые широко применяются для машин с нагревостойкостью класса В и выше, а также для машин усиленно влагостойкого исполнения:

Гибкие миканиты марок ГФС без подложек, ГФЧО с подложками и гибкие стекломиканиты со стеклотканевыми подложками с одной или двух сторон ($Г_1$ФГI, $Г_2$ФГII, $Г_1$ФКI, $Г_2$ФКII, $Г_2$ФЭI, $Г_2$ФЭII и др.).

Гибкие миканиты и стекломиканиты. Применяются как основная пазовая изоляция в полузакрытых и полуоткрытых

пазах, в качестве междурядной изоляции, для изоляции пазовых частей шаблонных обмоток.

Микаленты и стекломикаленты. Они представляют собой особо гибкие в холодном состоянии слюдяные материалы с одно- или двусторонними подложками из микалентной бумаги или стеклянной ткани. Применяют эти ленты для обмоток высокого напряжения, на которые они наносятся в несколько слоев, число которых зависит от рабочего напряжения обмотки.

Микашелк марок ЛС2ФГ, ЛСФТТ, ЛС2ФК, С2ЛФК, ЛС1ФК1 и др. Его целесообразно применять вместо микаленты при повышенных требованиях в отношении механической прочности, а также при необходимости уменьшить толщину изоляции.

Микафолий марок МФГ, МФШ, ММГ и ММШ, стекломикафолий (марок СММГ, СМФГ, СММК, СМФК, МФП-Т) и формовочный миканит. Их применяют для получения твердой изоляции (гильзовой, стержней и секций, втулок и пр.). Изоляция из этих материалов влагостойка и обладает высокой электрической прочностью.

Коллекторный миканит представляет собой твердый, хорошо спрессованный материал с малым содержанием связующих (до 4%) и малой усадкой. Применяется для межламельной изоляции коллекторов (марок КФГ и КФШ до класса нагревостойкости F, марки КФА для класса H).

Прокладочный миканит марок ПФГ, ПФГА, ПФШ, ПФША, ПФКА. Применяется в качестве прокладок в электрических машинах.

Лакостекломиканит — материал, состоящий из двух слоев слюды флогопит, одного слоя стеклолакоткани и одного слоя стеклоткани, склеенных масляно-глифталевым лаком или другими лаками. Выпускается марок ГФГС₁-ЛСБ для класса нагревостойкости B, марок ГФПС₁-ЛСП — для класса F и марок ГФКС₁-ЛСК — для класса H.

Слюдиниты и слюдопласты. Применяются как заменители миканитовых материалов.

Стекловолокнистые бандажные ленты применяются для бандажировки якорей вместо проволочных бандажей марки ЛСБ-В для классов изоляции A, E и B и марки ЛСБ-F для класса F. Указанные ленты стойки против высоких температур.

Для изолирования внутримашинных соединений обмоток из круглых проводов применяют *изоляционные трубки* на основе хлопчатобумажных чулок — линоксиновые марки ТЛВ для изоляции класса A, стеклолакотрубки марки ТЭС для класса B, теплостойкие стеклолакотрубки марки ТКС для класса H и стеклолакотрубки марки ТЛС для класса A. Все изоляционные трубки, кроме трубок марки ТЭС, малостойки к растворителям лаков.

Применять полихлорвиниловые трубки для изолирования внутримашинных соединений нежелательно, так как они имеют низкую нагревостойкость (70° C).

Хлопчатобумажные ленты (тафтяная, киперная и батистовая) являются наиболее простой, дешевой и распространенной изоляцией класса A и применяется в качестве основной только для изолировки катушек машин низкого напряжения или в качестве покровной и бандажной лент. Эти ленты следует обязательно пропитывать до или после изолировки.

Электрокартон марки ЭВ представляет собой плотный картон, изготовленный из сульфитной целлюлозы и хлопкового и льняного волокон. Поставляется в рулонах шириной 1 *м* либо в листах размером 1×1 *м²*. Толщина электрокартона 0,1—3 *мм*. Непропитанный электрокартон относится к классу изоляции Y, пропитанный — к классу А. В качестве подложек он может применяться и в машинах с изоляцией классов Е и В.

Электронит — листовой материал; он состоит из асбестового волокна (70%) и синтетического каучука (30%). Электронит обладает меньшей упругостью, чем электрокартон, применяется в машинах с изоляцией классов В и F и машинах химически стойкого исполнения. Недостатком электронита являются неравномерность по толщине и электрической прочности, низкие электрическая прочность и влагостойкость. Он хорошо штампуется, применяется для конусных шайб якорей, а также для изоляции торцовых частей якорей.

Стеклянные ленты применяют для машин с изоляцией классов Е, В, F и Н всех исполнений.

Для клиньев, изготовленных из материалов с нагревостойкостью класса А, применяют твердую древесину (бук, береза), которую пропитывают льняным маслом.

Для досок зажимов машин мощностью до 100 *квт* с изоляцией классов А и В нормального исполнения применяют прессмассы марок К-21-22, К-18-2 и др. Для машин мощностью свыше 100 *квт*

Рисунок	Позиция на рисунке	Классы			
		А (исполнение нормальное)		Е (исполнение нормальное)	
		Материал	Толщина материала, *мм*	Материал	Толщина материала, *мм*
	1	Клин деревянный (бук, береза)	Не менее 2	Клин деревянный (бук, береза)	Не менее 2
	2	Электрокартон ЭВ	0,5	Пленкоэлектрокартон	0,27
	3	То же	0,5	То же	0,27
	4	Эскапоновая стеклолакоткань ЛСЭ	0,2	То же	0,27
	5	Электрокартон	0,2	—	—

Примечания: 1. При открытом пазе на якоре и секционной обмотке изоля
2. По поз. 2—4 изоляция накладывается в один слой.

применяют пластмассы на основе асбеста или стекла (АГ-4, смеси асбодина, К-6, К-78-51 и т. п.).

Текстолит марок А, Б и Г (толщиной 0,5—50 *мм*) применяют в машинах с нагревостойкостью класса Е, *стеклотекстолит* марки СТ (толщиной 1,5—30 *мм*) — в машинах с нагревостойкостью класса В, марки СТЭФ (толщиной 1,5—30 *мм*) — в машинах с нагревостойкостью класса F, марки СТК (толщиной 0,5—30 *мм*) — в машинах с нагревостойкостью класса Н.

Гетинакс изготовляется марок I, III, V-1 и V-2 толщиной от 0,2 до 50 *мм*.

Текстолит и гетинакс применяются для прокладок, изолировки торцовых сторон сердечника якоря, клиньев и т. п.

При ремонте широкое применение получили *кабельные* изоляционные бумаги марок К-080, К-120 и К-170 толщиной соответственно 0,08: 0,12 и 0,17 *мм*, а также *телефонные* бумаги марок КТ-04 и КТ-05 толщиной соответственно 0,04 и 0,05 *мм*. Кроме этих бумаг, применяется асбестовая бумага толщиной 0,2—0,5 *мм*. Все эти бумаги поставляются в рулонах.

Конструкция изоляции зависит от класса ее, исполнения машины и рабочего напряжения обмотки. Изоляция пазовой части якорей машин мощностью до 9 *квт* из круглого провода приведена в табл. 4.

Таблица 4

изоляции

В (все исполнения)		F (все исполнения)		Н (все исполнения)	
Материал	Толщина материала, *мм*	Материал	Толщина материала, *мм*	Материал	Толщина материала, *мм*
Клин стеклотекстолитовый СТ	Не менее 2	Клин стеклотекстолитовый СТЭФ	Не менее 2	Клин стеклотекстолитовый СТК	Не менее 2
Лакостекломиканит $ГФГС_1$-ЛСБ	0,5	Лакостекломиканит $ГФГС_1$-ЛСБ	0,5	Лакостекломиканит $ГФКС_1$-ЛСК	0,5
Стеклотекстолит СТ	0,5	Стеклотекстолит СТЭФ	0,5	Стеклотекстолит СТК	0,5
Миканит гибкий $Г_2$ФГП	0,35	Миканит гибкий $Г_2$ФГП	0,35	Стекломиканит гибкий $Г_2$ФКП	0,35
Стеклолакоткань ЛСБ	0,2	Стеклолакоткань ЛСП	0,15	Стеклолакоткань ЛСК	0,15

ция пазовой и лобовых частей такая же, как у якорей машин мощностью 10—200 *квт*.

Обмотки у якорей машин мощностью 10—200 *квт* выполняют не из круглых, а из прямоугольных проводов с наложением дополнительной изоляции. Витковая изоляция шаблонных обмоток якорей машин мощностью 10—200 *квт* до 500 *в* приведена в табл. 5.

Таблица 5

Исполнение машин	Марка провода и витковая изоляция в зависимости от класса изоляции (позиции *5* и *8* на рис. 34)		
	A	E, B и F	H
Нормальное	ПБД без дополнительной изоляции между витками	ПСД, ПСДТ и гибкий слюдинит марки ГСП толщиной 0,2 *мм* для классов Е и В и стекломикалента марки ЛФЭ-ТТ для класса F	ПСДК и стекломикалента марки ЛС2ФК толщиной 0,17 *мм*
Усиленно влагостойкое, тропическое и химически стойкое	ПСД, ПСДТ и стекломикалента толщиной 0,17 *мм*	ПСД, ПСДТ и стекломикалента марки ЛФЭ-ТТ толщиной 0,17 *мм*	То же

Для машин до 500 *в* с длиной пазовой части до 300 *мм* при окружной скорости якоря до 60 *м/сек* пазовая часть изолируется мягкой гильзой. В табл. 6 указана изоляция пазовой и лобовой частей таких обмоток.

Если напряжение машины более 500 *в* и длина пазовой части более 300 *мм*, то пазовая часть изолируется твердой гильзой. На рис. 34 и в табл. 7 приведена изоляция, которая применяется в этих случаях.

Лобовые части обмоток, имеющие твердую гильзу, изолируются теми же материалами, что и лобовые части обмоток, имеющие мягкую гильзу. При напряжении свыше 500 до 1 000 *в* количество слоев изоляционного материала в лобовой части увеличивается до трех.

В якорях с окружной скоростью до 60 *м/сек* обмотки с кремнийорганической изоляцией на напряжение до 500 *в* изолируют двумя слоями стекломикаленты на кремнийорганическом лаке и тремя слоями стекломикаленты, если якорь имеет окружную скорость более 60 *м/сек*.

В многовитковых катушках из изолированного провода изоляция имеется на самом проводнике, поэтому при ремонте обмоток приходится наносить на катушки только изоляцию всей катушки. Изоляция разделяется на пазовую, изоляцию лобовых частей и дополнительную

Таблица 6

Позиция на рис. 34	Марка и толщина материала, *мм*			
	Класс изоляции А, исполнение нормальное	Класс изоляции В, исполнение нормальное	Класс изоляции В, исполнения тропическое и химически стойкое	Класс изоляции Н, все исполнения
1	Электрокартон ЭВ 0,5	Электрокартон ЭВ 0,5	Стеклотекстолит СТ 0,5	Стеклотекстолит СТК 0,5
2	Электрокартон ЭВ 0,2	Электрокартон ЭВ 0,2	Электронит 0,2	Стеклолакоткань ЛСК 0,15
3	Эскапоновая стеклолакоткань ЛСЭ 0,2 в 2,5 оборота	Гибкий миканит ГФЧО 0,2 в 2,5 оборота	Гибкий стекломиканит Г$_1$ФГI 0,22 в 2,5 оборота	Гибкий стекломиканит Г$_1$ФКI 0,22 в 2,5 оборота
4	Электрокартон ЭВ 0,5	Миканит прокладочный ПФГ 0,5	Стеклотекстолит СТ 0,5	Стеклотекстолит СТК 0,5
6	Лента тафтяная 0,25 в один слой встык	Лента стеклянная 0,1 в один слой встык	Лента стеклянная 0,1 в один слой встык	Лента стеклянная 0,1 в один слой встык
7	Электрокартон ЭВ 0,3	Электрокартон ЭВ 0,3	Лакостекломиканит ГФГС$_1$-ЛСБ 0,5	Лакостекломиканит ГФКС$_1$-ЛСК 0,5
8 и *9*	Лента тафтяная 0,25 в один слой вполнахлеста	Лента стеклянная 0,1 в один слой вполнахлеста	Лента стеклянная 0,1 в один слой вполнахлеста	Лента стеклянная в один слой вполнахлеста
10	—	—	Стекломикалента С2ЛФГ 0,17 в один слой вполнахлеста	Стекломикалента 2С2ФК 0,17 в один слой вполнахлеста

Таблица 7

Изоляция		Позиция на рис. 34	Класс изоляции В, исполнения нормальное и усиленно влагостойкое			Классы изоляции F и H, все исполнения; класс, В исполнения химически стойкое и тропическое		
			Марка и толщина материала, *мм*	Число слоев при напряжении, *в*		Марка и толщина материала, *мм*	Число слоев при напряжении, *в*	
				600—1 000	до 500		600—1 000	до 500
Катушек	гильзовая	*6*	Бумага телефонная лакированная КТ-05 0,05	3	3	—	—	—
		3	Микафолий МГФ 0,2	7	5	Стекломикафолий СМФГ для класса В и СМФК для классов F и H 0,2	7	5
	непрерывная	*6*	Лента стеклянная 0,2	1 (встык)	1 (встык)	Лента стеклянная 0,2	1 (встык)	1 (встык)
		3	Микалента ЛФЧИ 0,17	3 (вполнахлеста)	2 (вполнахлеста)	Стекломикалента С2ЛФГ для класса В и ЛС2ФК для классов F и H 0,17	3 (вполнахлеста)	2 (вполнахлеста)
Пазовая		*1*	Текстолит В 0,5	1	1	Стеклотекстолит СТ для класса В и СТК для классов F и H 0,5	1	1
		2	Электронит 0,2	3	3	Стеклолакоткань ЛСБ для класса В и ЛСК для классов F и H 0,15	3	3
		4	Лакостеклотекстолит $ГФГС_1$-ЛСБ	1	1	Стеклотекстолит СТ для класса В и СТК для классов F и H 0,5	1	1
		7	Электрокартон ЭВ 0,5	1	1	То же	1	1

изоляцию головок, перегибов и выводных концов катушек.

Изолировка отдельных проводников или катушек может быть произведена обматыванием лентой или обертыванием широкой полосой изоляционного материала. Обматывание лентой можно производить вразбежку, встык или внахлестку (рис. 35).

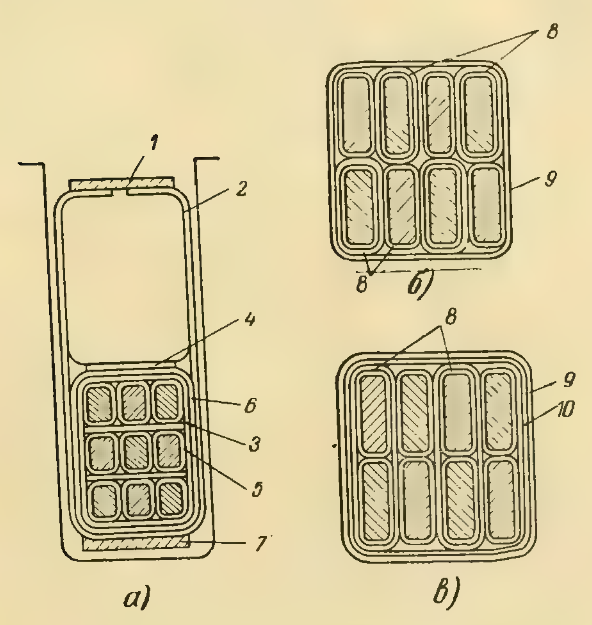


Рис. 34. Изоляция шаблонных обмоток машин мощностью 10—200 *квт*.

а — пазовая; *б* — головок; *в* — лобовой части.

Ролики ленточных материалов заготовляют диаметром 90—100 *мм*.

Так как машины постоянного тока общего применения изготовляются на напряжения до 500 *в*, то открываются большие возможности для использования гильзовой изоляции пазовых частей. Пазовая коробочка может иметь один, два и три слоя. Одинарная изоляция из одного слоя электрокартона применяется для малых якорей с ручной намоткой при напряжении 12—24 *в*. Двойная и тройная изоляция (электрокартон и лакоткань) применяется для малых якорей с ручной намот-

кой при напряжении 110—120 *в*. Применяется также изоляция из пленкоэлектрокартона.

Пазовая коробочка для якорей со всыпной обмоткой машин напряжением до 500 *в* при изоляции класса А выполняется из электрокартона и стеклолакоткани, а при изоляции класса В—из стеклолакоткани, гибкого миканита, стекломиканита и стеклотекстолита.

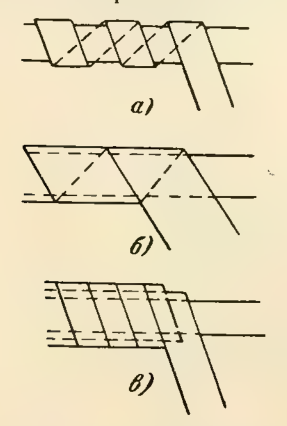


Рис. 35. Способ изолировки.
а — вразбежку; *б* — встык; *в* — внахлестку.

Выводные концы секций, головки катушек и перегибы изолируют дополнительно лентой из лакоткани при изоляции класса А и шелкослюдяной при изоляции класса В.

При изолировке одновитковых катушек из голых шин наносят сначала витковую изоляцию на стержни, а затем корпусную изоляцию на каждую катушку. Для создания витковой изоляции каждую шину обматывают лентой по всему контуру. Толщина изоляции занимает значительный процент общей ширины паза.

Конструкция изоляции главных и дополнительных полюсов[1] машин постоянного тока имеет различные исполнения. Рассмотреть ее в настоящей брошюре не представляется возможным. В качестве примера в табл. 8 приведена конструкция изоляции главных полюсов машин малой мощности напряжением до 500 *в* из изолированного провода, а в табл. 9 — конструкция изоляции машины средней мощности напряжением до 600 *в* класса изоляции В.

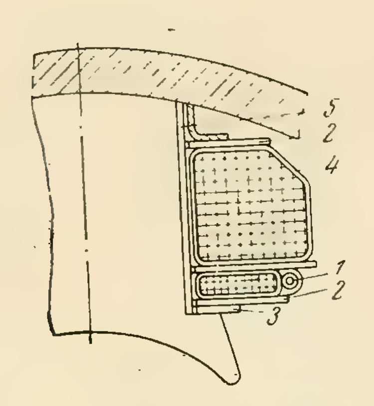
При ремонте обмотки машины, если нет дополнительных требований, необходимо сохранять те же марки проводов и классы изоляции (или равноценные им по изолирующим свойствам), которые были на ней до перемотки. Изоляционные материалы должны соответствовать во всех случаях классу нагревостойкости изоляции обмоточных проводов.

---

[1] Подробно см. в [Л. 13].

Таблица 8

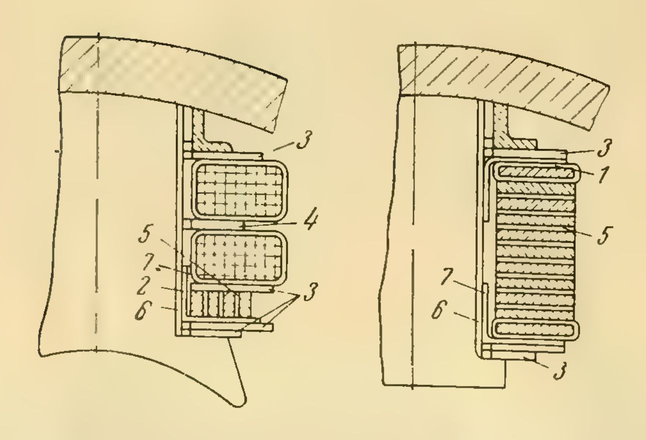
Позиция на рисунке	Класс изоляции А; провода марок ПЭВ, ПЭЛ, ПБО, ПБД, ПЭЛБО		Класс изоляции В; провода марок ПЭТСО, ПСД, ПДА	
	Материал	Односторонняя толщина изоляции, *мм*	Материал	Односторонняя толщина изоляции, *мм*
1	Провод установочный марки ПРГ	—	Провод установочный марки ПРГ	—
2	Картон изоляционный	1,5	Стеклотекстолит	1,5
3	Гетинакс	1,5	—	—
4	Лента хлопчатобумажная толщиной 0,22 *мм* (один слой вполнахлеста)	0,44	Лента стеклянная толщиной 0,1 *мм* (один слой вполнахлеста)	0,2
*5**	Бумага асбестовая электроизоляционная толщиной 0,2 *мм* ($5^1/_4$ слоя)	1	Стекломикафолий толщиной 0,2 *мм* ($5^1/_4$ слоя)	1



* В машинах нормального и влагостойкого исполнений рекомендуется также применять для класса изоляции А изоляцию в виде пленкокартона или синтофолия, для класса изоляции В—миканизацию полюса формовочным миканитом или микафолием с последующей опрессовкой при сохранении общей толщины изоляции, указанной в таблице.

Таблица 9

Позиция на рисунке	Материал	Односторонняя толщина изоляции, *мм*
1	Стекломикалента на глифталевом лаке толщиной 0,17 *мм* (один слой вполнахлеста, изоляция крайних витков)	0,34
2	Лента стеклянная толщиной 0,1 *мм* (один слой вполнахлеста)	0,2
3	Стеклотекстолит толщиной 1,5—2 *мм*	1,5—2
4	Стеклотекстолит толщиной не менее 6 *мм* (рамка дистанционная)	Не менее 6
5	Стекломиканит гибкий толщиной 0,3 *мм* (межвитковая прокладка)	0,3
6	Стекломикафолий толщиной 0,2 *мм* ($5^1/_4$ слоя)	1
7	Стекломиканит гибкий толщиной 0,1 *мм* (изоляция уголков)	0,4



К началу ремонта все изоляционные детали должны быть полностью заготовлены. Материалы, применяемые для изготовления изоляционных деталей, также должны быть подготовлены. Электрокартон просушивают в вер-

тикальном положении в сушильной печи при температуре не выше 95° С в течение 2 *ч*. Его в горячем виде пропитывают в льняном масле и снова сушат в печи при температуре 90—95° С в течение 3—4 *ч*. Можно сушить электрокартон на воздухе в течение 1—1,5 суток. Для того чтобы электрокартон лучше просох, рулон должен быть распущен, чтобы между отдельными слоями был зазор.

Следует определить раскрой материала, обеспечивающий наименьшие отходы его. Резка электрокартона производится таким образом, чтобы направление волокон уложенной в паз коробочки совпадало с продольной осью якоря. Лакоткань разрезается под углом 45, а стеклоткань под углом 15° к оси полотна.

При заготовке изоляции необходимо иметь в виду следующее:

Ширина наружного слоя изоляционной коробочки, выполняемого обычно из электрокартона, должна быть больше ширины остальных слоев изоляции на 8—10 *мм* для якорей малых машин и на 40—50 *мм* для якорей средних машин. Это необходимо для удобства вкладывания проводников обмотки через шлиц сердечника в целях предотвращения порчи изоляции проводника.

Полоски для пазовой коробочки (гильзы) должны быть длиннее сердечника якоря на 2—4 *мм* при ручной намотке малых якорей и на 8—10 *мм* при выполнении всыпных шаблонных обмоток.

Вложенные в пазы изоляционные коробочки обжимаются деревянными или металлическими оправками. Концы пазовой коробочки должны равномерно выступать за пределы сердечника якоря.

5. УКЛАДКА ОБМОТОК В ПАЗЫ ЯКОРЯ

Виды ремонта. Устанавливаются три вида ремонта: капитальный, средний и текущий.

К капитальному относится ремонт с полной разборкой машины, перемоткой всей или части обмотки якоря или обмотки полюсов, или изготовлением нового коллектора, или сменой подшипников, вала, вентилятора, ремонтом траверсы, пальцев и щеткодержателей с лакировкой, сушкой и испытанием.

К среднему относится ремонт с полной разборкой машины с частичной перемоткой или подизолировкой

обмотки полюсов, подпайкой обмотки якоря к коллектору, ремонтом щеточного механизма, проточкой коллектора и заменой отдельных деталей с лакировкой, сушкой и испытанием.

К текущему ремонту относится ревизия с полной разборкой машины, очисткой и проверкой всех узлов, мелким ремонтом выводов, щеточного механизма, сменой щеток, лакировкой, сушкой и испытанием.

На капитально отремонтированной машине рядом со старым заводским щитком укрепляется новый, на котором указываются: наименование и товарный знак ремонтного предприятия, мощность, напряжение, номинальный ток, скорость вращения, ремонтный номер, год выпуска из ремонта. На все электрические испытания машин должны быть составлены протоколы испытаний.

Инструмент при обмоточных работах. При ремонте обмоток следует пользоваться инструментом, который обеспечивает хорошее качество и быстрое выполнение обмоточных работ.

Топорик из фибры (рис. 36,*а*) служит для осаживания проводов в пазу в процессе намотки (у обмотчика должен быть набор из 5—6 топориков).

Фибровая пластина (рис. 36,*б*) предназначена для укладки и натягивания в пазу верхних сторон секций.

Для обрезания выступающих краев пазовой коробочки заподлицо со сталью сердечника якоря перед заворачиванием этих краев и закладкой клина служит нож (рис. 36,*в*).

Фибровый язык (рис. 36,*г*), конец которого проводится вдоль уложенных в паз проводников, служит для устранения перекрещиваний проводов в пазу.

Для гнутья проводов жестких секций из шинной меди применяют ключи (рис. 36,*д*).

Для вытаскивания клиньев из пазов служит выколотка (рис. 36,*е*).

Для проталкивания проводов через шлиц паза служит пластина (рис. 36,*ж*), которую можно изготовить из текстолита или гетинакса.

Кроме того, обмотчику следует иметь проволочные крючки для протаскивания ленты, пинцет из стальной полоски с заостренными краями для очистки изоляции проводов, молоток, керн, кусачки, ножницы, линейки, паяльник или паяльную лампу и пр.

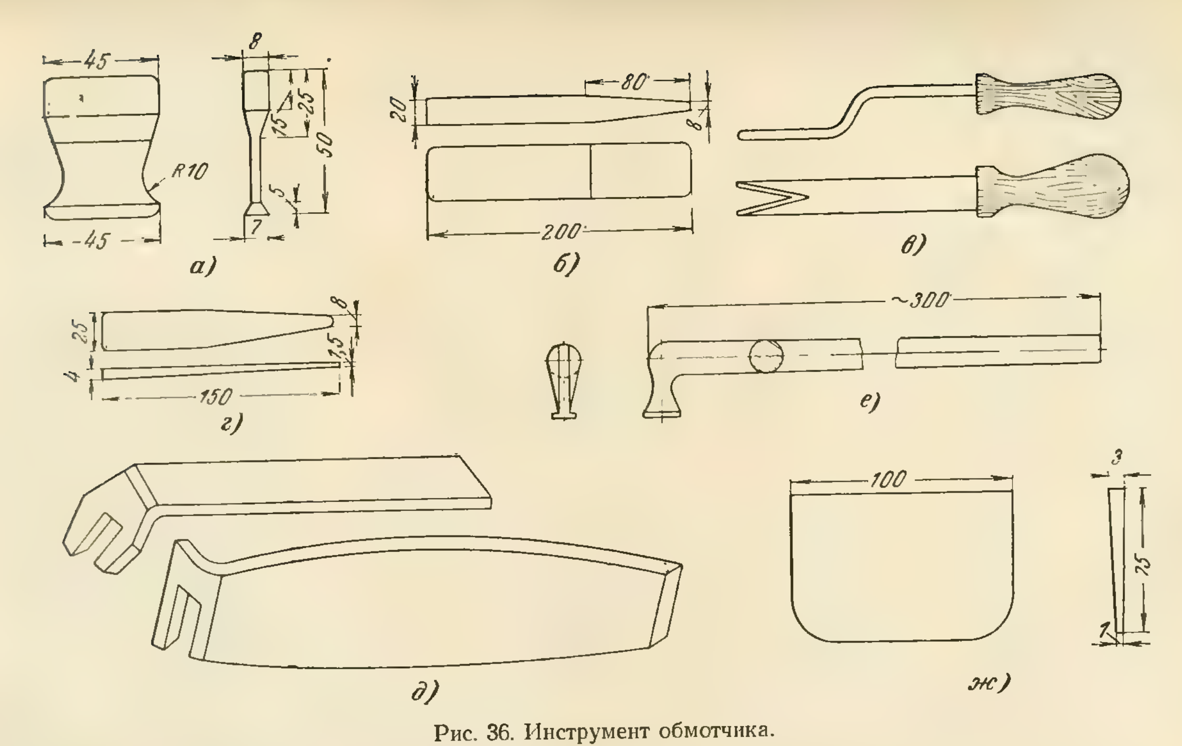


Рис. 36. Инструмент обмотчика.

а — топорик из фибры; *б* — фибровая пластина; *в* — нож; *г* — фибровый язык; *д* — ключи для гнутья стержней; *е* — выколотка; *ж* — пластины для проталкивания проводов в шлиц паза.

Подготовительные работы. Для якоря, который подлежит перемотке, необходимо выписать данные его обмотки из паспорта машины, чертежей заводов-изготовителей или справочной литературы. Если таких данных нет, то приходится снимать схему обмотки. При этом надо учитывать, что машина уже могла подвергаться перемотке, во время которой могли быть допущены отступления от первоначальной схемы.

Для размотки обмотки якорь устанавливают шейками вала на стойки так, чтобы его можно было легко вращать. Якоря машин большой мощности устанавливают на деревянные подшипники, которые укрепляют на специальных опорах. Деревянные подшипники должны иметь полукруглый вырез по размеру вала. Для лучшего скольжения вала подшипники смазывают техническим вазелином.

Перед выемкой распаивают обмотки и снимают бандажи, замечают расположение их, записывают диаметр бандажной проволоки, число замков бандажей, размеры их, а также расположение, материал и размеры изоляции под бандажами. После этого измеряют длины пазовой и лобовой частей обмотки. Затем определяют тип обмотки (волновая, петлевая), шаги обмоток. Для определения шага по коллектору отпаивают несколько проводников от пластин коллектора и ставят метки на соответствующих пластинах и проводниках. Затем контрольной лампой, подключенной к одному концу секции находят второй конец ее. Метки на пазах делают ножом или зубильцем на двух зубцах, между которыми лежит фиксируемый паз; пластины отмечают керном на торцовой поверхности. По меткам на коллекторе находят шаг по коллектору.

Перед снятием обмотки необходимо наметить какой-нибудь паз (накерниванием соседних зубцов), а также те коллекторные пластины, с которыми соединены концы сторон секций, лежащих в этом пазу. Это необходимо для сохранения прежнего расположения обмотки по отношению к коллектору.

Клинья, которые удерживают обмотку в пазах, выбивают молотком весом 0,5—1 *кг* и специальной стальной выколоткой (рис. 36,*е*), установленной в торце клина. Для облегчения выемки обмотки из пазов и лучшей сохранности изоляции якорь с миканитовой изоляцией рекомендуется предварительно прогреть до темпера-

туры 80° С. Затем очищают пазы якоря от налипшего лака, а промежутки между коллекторными пластинами — от припоя. После того как секции вынуты, необходимо снять точный эскиз пазовой и межслойной изоляции, определить марку и толщину изоляции, число слоев и последовательность укладки.

Снова устанавливают якорь на стойки и вынимают секции из пазов тонкой специальной лопаткой (рис. 37) или тонким клином, который вгоняется между верхними и нижними секциями в пазу. Это нужно для измерения размеров секций. Вынимать секции обмотки из пазов нужно осторожно, стараясь не ломать и не повреждать их. Некоторые секции при восстановлении обмотки могут быть использованы вновь.

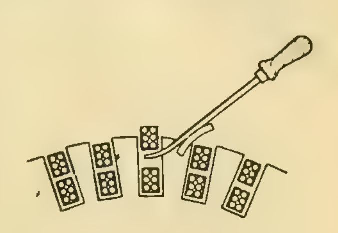


Рис. 37. Приспособление для выемки обмотки из пазов.

Если на якоре имеются жирные пятна и другие загрязненные места, их следует снять тряпкой (ветошью), смоченной в керосине или бензине. При необходимости зубцы сердечника якоря выравнивают, снимают у них заусенцы, производят опиловку выступающих пластин в шлице и внутри паза. После устранения неисправностей листов сердечника якоря, зубцов и нажимных пальцев производят подпрессовку листов стяжными шпильками. При необходимости пазы продорновывают. В случае обнаружения выгораний или других повреждений листов расчищают выгоревшие места шлифовальным кругом с электроприводом через гибкий вал. После этого якорь продувают сжатым воздухом.

Сердечник якоря окрашивают эмалью марки ГФ-92ХС (б. СВД) или лаком БТ-99 (б. 462) и сушат после покраски на воздухе 6 или 3 *ч* соответственно. В машинах с теплостойкой изоляцией покраску сердечника якоря производят теплостойкими покровными эмалями.

Разметка якоря. Все якоря при изготовлении на заводе проходят разметку под обмотку. На зубцах и коллекторных пластинах ставятся специальные разметочные знаки. При ремонте якоря перед демонтажом обмотки необходимо обнаружить эти разметочные знаки. Если этого сделать не удается, то по уложенным заводским

секциям можно проставить разметочные знаки заново. Если якорь поступает в ремонт с демонтированной обмоткой и разметочные знаки неясны, следует проделать разметку заново.

Процесс разметки якоря под обмотку заключается в перенесении схемы на якорь. Пазы обозначают выбитыми на соседних зубцах якоря знаками, а коллекторные пластины — выбитыми на торцах точками.

Разметка якоря особенно важна для машин, у которых не предусмотрен сдвиг щеточной траверсы. Точная разметка важна также для якорей с шинной обмоткой большого сечения, где концы секций технологически могут быть присоединены только к определенным пластинам коллектора. Разметка якоря выделяется в самостоятельную операцию и поручается наиболее опытным рабочим-обмотчикам.

Существует два способа разметки.

Первый способ. За ось симметрии принимают среднюю линию катушки. Ось симметрии может проходить на якоре через паз или зубец, а на коллекторе — через пластину или миканитовую прокладку в зависимости от того, четны или нечетны шаги по пазам и по коллектору. Если шаг выражается нечетным числом, например 9 (стороны секций кладутся в 1-й и 10-й пазы), то ось симметрии на якоре проходит через середину зубца. Если же шаг обмотки по пазам выражается четным числом, например 10 (стороны секций кладутся в 1-й и 11-й пазы), то ось симметрии проходит через середину паза. При четном шаге обмотки по коллектору ось симметрии проходит через середину коллекторной пластины. При нечетном шаге по коллектору, например 39 (секция соединяет 1-ю коллекторную пластину с 40-й), ось симметрии проходит через изоляцию между пластинами.

Таким образом, зная шаг обмотки по пазам и коллектору, легко определить положение оси симметрии. Например, шаг обмотки по пазам $y_z=6$, а по коллектору $y_К=46$. Оба шага четные, следовательно ось симметрии на якоре проходит через середину паза, а на коллекторе — через коллекторную пластину. Так как на каждый паз (или зубец) приходится по окружности определенное целое число коллекторных пластин, то разметку можно начинать с любого паза (или зубца), а не искать какой-то определенный паз (или зубец), который будет более точно совпадать с коллекторной пла-

стиной. И даже в тех редких случаях, когда число секций в пазах разное (например, 3 и 4, 5 и 6 и т. д.), при разметке берут два паза за один; тогда на два паза снова будет приходиться целое постоянное число коллекторных пластин (например, 7, 11 и т. д.).

Простейшим приспособлением для нахождения оси симметрии служит нитка или линейка, которую обмотчик натягивает вдоль якоря. Прикладывая ее поочередно к серединам пазов, обмотчик смотрит, какой из них совпадает наиболее точно с серединой какой-либо из коллекторных пластин. Обмотчик отмечает данный паз и совпадающую с ним коллекторную пластину, отсчитывает вправо и влево от них половину шага по пазам и шага по коллектору и находит, например, 1-й и 7-й пазы, 1-ю и 47-ю коллекторные пластины, в которые и закладывается своими сторонами и концами первая секция. Эти пазы и коллекторные пластины помечают.

Теперь надо определить, какие именно концы секции должны быть вложены в отмеченные коллекторные пластины. Если число элементарных пазов нечетное, то в отмеченные коллекторные пластины для создания симметрии должны быть вложены средние концы. Если число концов четное, то в отмеченные коллекторные пластины вкладываются концы, лежащие слева от середины паза.

Второй способ. Разметку ведут не от середины катушки, а от первого паза, в который укладывают нижнюю сторону первой катушки. В качестве примера на рис. 38 показаны схемы разметки левых волновых обмоток четырехполюсной машины с четным и нечетным количествами секционных сторон. Ось симметрии при этом способе находят с учетом следующего:

а) Если паз состоит из четного числа элементарных пазов и y_2 — четное число, то середина первого паза совпадает с серединой миканитовой прокладки (рис. 38,*а*). Середина первого паза совпадает с серединой коллекторной пластины, когда y_2 — нечетное число (рис. 38,*б*).

б) Если паз состоит из нечетного числа элементарных пазов и y_2 — нечетное число, то середина первого паза совпадает с серединой миканитовой прокладки (рис. 38,*в*). Середина первого паза совпадает с серединой первой коллекторной пластины, когда y_2 — четное число (рис. 38,*г*).

На схемах, показанных на рис. 38, нумерация пазов

ведется против часовой стрелки, а коллекторных пластин — по часовой стрелке. На этих схемах нумеруют не все проводники паза, а только секционные стороны, поэтому при многовитковых катушках проводники паза, замыкающиеся в секции или являющиеся параллельными, не нумеруют.

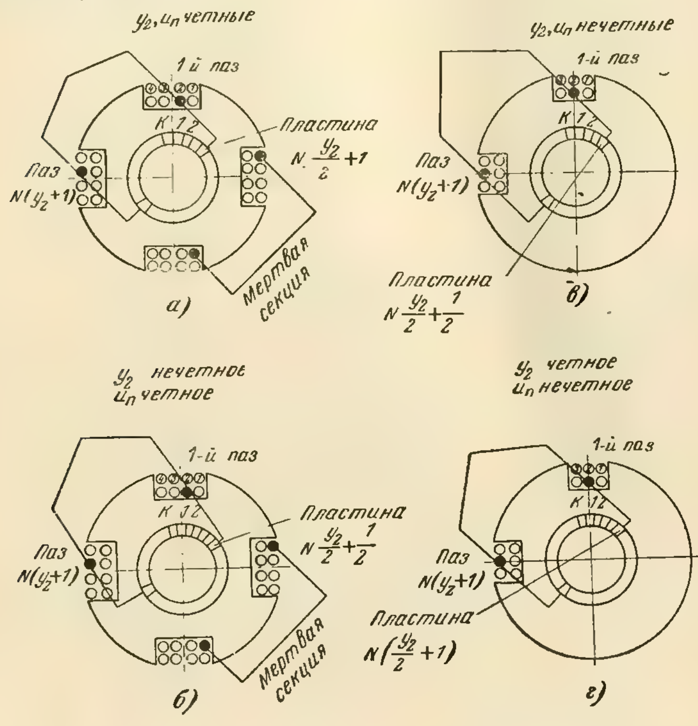


Рис. 38. Схемы разметки якоря с волновой обмоткой.

а, в — центр паза совпадает с миканитом; *б, г* — центр паза совпадает с центром пластины.

Все схемы разметки предназначены для нормальных обмоток, т. е. таких, у которых концы катушек по выходе из паза изгибаются на половину полюсного деления, и в машинах с добавочными полюсами щетки на коллекторе устанавливают точно по линии главных полюсов. По линии добавочных полюсов щетки устанавливают очень редко. При такой установке нижние концы секций по выходе из паза идут к коллектору по прямому направлению, а верхние изгибаются на целое полюсное деление.

На рис. 39 даны примеры разметки якорей.

Изолировка обмоткодержателей. *Общие положения.* Якорь устанавливают на подшипники, протирают поверхности обмоткодержателей смоченной в бензине, уайт-спирите или ксилоле тряпкой, затем обмоткодержатели покрывают с помощью кисти или пульверизатора лаком марки БТ-99 или эмалью ГФ-92ХС (б. СВД) и сушат в течение 3—6 *ч* при температуре 20—30° С (6 *ч* для эмали).

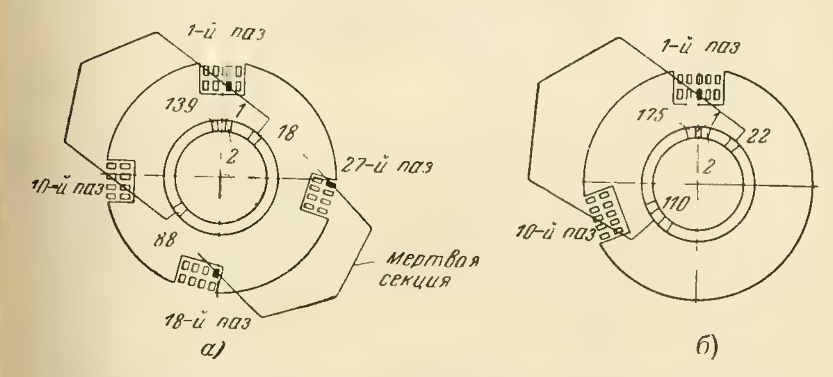


Рис. 39. Примеры выполненной разметки якорей двигателей с волновой обмоткой.

а — z=35; y_z=9; $u_п$=4; K=139; $y_к$=69. *б* — z=35; y_z=9; $u_п$=5; K=175; $y_к$=87.

По чертежу или аналогично прежнему исполнению заготовляют (нарезают) изоляцию. Из отдельных полос миканита или электрокартона набирают изоляцию необходимой толщины и склеивают полосы клеем, сдвигая каждый слой относительно соседнего (не менее чем на 15 *мм*), как показано на рис. 40,*а*.

Цилиндрическую поверхность обмоткодержателя промазывают клеем и накладывают на нее полоску из хлопчатобумажной ткани. Если на обмоткодержателе имеется выточка, то после укладки полотна накладывают бандаж из нескольких витков шпагата, промазывая клеем каждый виток. Процесс укладки изоляции, показанный на рис. 40,*б*, состоит в следующем. Деревянным клином *1* закрепляют в пазу якоря конец мотка киперной ленты *4*. Накладывают заготовку изоляции на обмоткодержатель под ленту и, поворачивая якорь, плотно прижимают заготовку к поверхности обмоткодержателя, обстукивая

изоляцию деревянным молотком. По всей окружности концы заготовки соединяют встык (рис. 40,*в*).

Допускается укладка изоляции на обмоткодержатель без предварительной комплектовки по толщине. При этом заранее подготовленная и промазанная клеем изоляция укладывается отдельными плитами впритык с перекроем 15 *мм* по слоям.

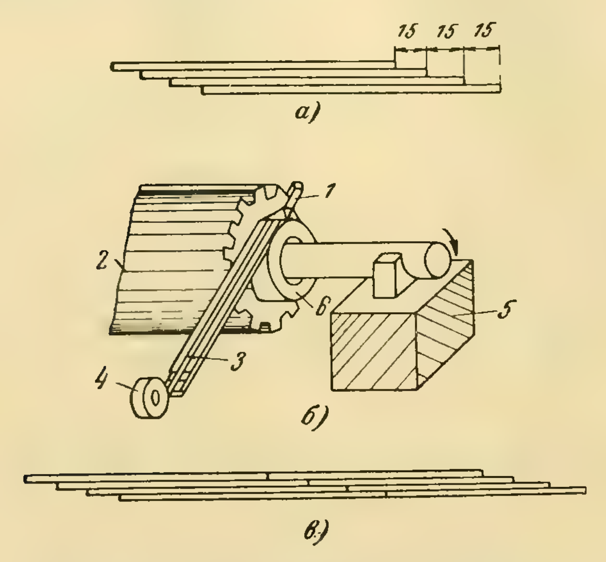


Рис. 40. Изолировка обмоткодержателей.

1 — клин, закрепляющий конец временной киперной ленты; *2* — сердечник якоря; *3* — изоляция, набранная из отдельных полос; *4* — моток киперной ленты; *5* — опора с деревянным подшипником; *6* — свисающий край полотна.

На уложенную изоляцию обмоткодержателя накладывают слой киперной ленты вполнахлеста.

Поверхность изоляции проглаживают горячим утюгом, чтобы ткань приклеилась к миканиту. Затем снимают киперную ленту и накладывают слой тафтяной ленты вполнахлеста. Затем наворачивают хлопчатобумажную ткань на уложенную изоляцию обмоткодержателя и тщательно разглаживают ткань по всей окружности, чтобы не было пузырей и морщин. При необходимости подрезают ткань по ширине в шести — восьми местах для лучшей укладки. После этого подшивают край ткани к ленте или нижнему слою ткани, после чего

поверхность изолированного обмоткодержателя покрывают эмалью и сушат. Форма обмоткодержателя может быть различной.

Изолировка обмоткодержателя, выполненного в виде цилиндрических поверхностей, примыкающих к стали якоря (рис. 41,а), производится в следующей очередности. Изолируют бортик изоляцией, которая состоит из

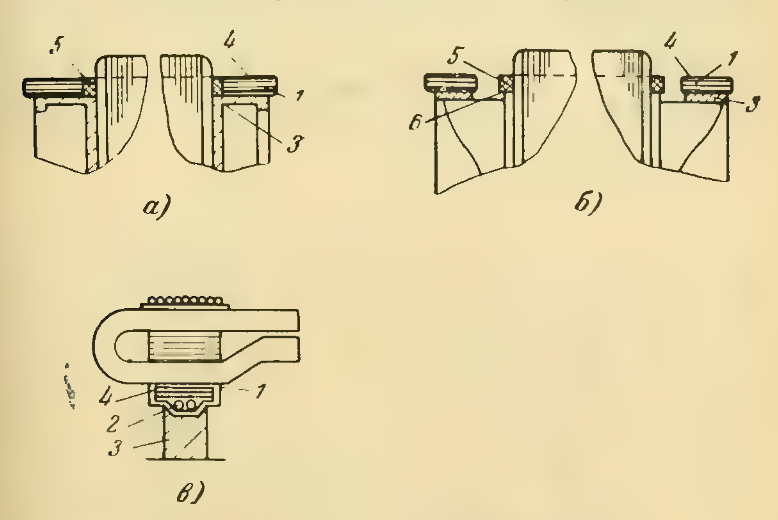


Рис. 41. Изоляция обмоткодержателей.

а — в виде цилиндрических поверхностей, примыкающих к стали якоря; *б*, *в* — то же отстоящих на некотором расстоянии от стали якоря; *1* — изоляция обмоткодержателя; *2* — бандаж из шпагата; *3* — обмоткодержатель; *4* — хлопчатобумажная ткань; *5* — изоляция бортика; *6* — бортик.

тех же материалов, что и для обмоткодержателя. Поверх изоляции накладывают слой киперной ленты по ширине бортика (25—30 *мм*). Ленту отрезают и край пришивают нитками. Ширина полос изоляции на 10—15 *мм* больше ширины обмоткодержателя. Полоса хлопчатобумажной ткани должна быть шире более чем в 3 раза ширины обмоткодержателя. Ткань укладывают на обмоткодержатель так, чтобы по окончании укладки изоляции можно было завернуть ее края внахлестку и верхний край подшить к нижнему слою.

Все остальные операции производят, как описано выше.

Изолировку бортика и обмоткодержателя можно выполнять одновременно, если разность диаметров их пре-

вышает 15—20 *мм*. В этом случае полотно укладывают так, чтобы захватить бортик.

Изоляцию заготовляют с учетом ширины бортика.

Изолировка обмоткодержателей, выполненных в виде цилиндрических поверхностей, отстоящих на некотором расстоянии от стали якоря (рис. 41,б и *в)*, выполняется следующим образом. Полосы изоляции заготовляют на 20—30 *мм* более ширины обмоткодержателя, а полосу хлопчатобумажной ткани отрезают несколько более тройной ширины обмоткодержателя. Изоляцию бортика, укладку и крепление ткани выполняют так же как описано выше.

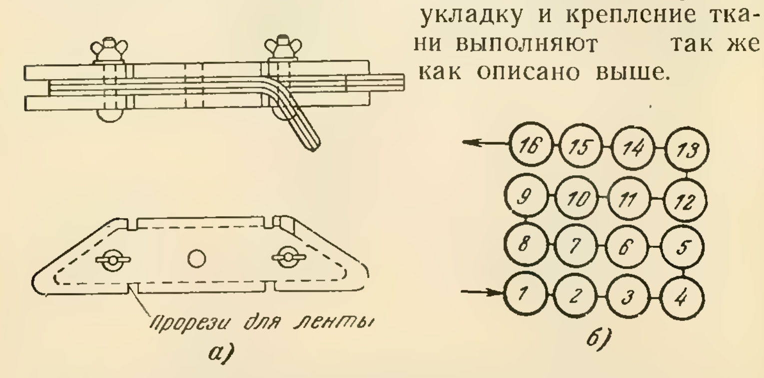


Рис. 42. Шаблон для намотки секций (*а*) и порядок укладки проводов при намотке (*б*).

После изолировки обмоткодержателя нужно проверить, плотно ли наложена изоляция. Изолированный обмоткодержатель не должен иметь на поверхности воздушных мешков и выпуклостей изоляции. Длины свисающих концов изоляции и наружной кромки обмоткодержателя должны быть выдержаны по прежнему исполнению, но должны быть не менее 10 *мм*.

Изготовление якорных секций. Мягкие секции всыпной обмотки изготовляют в следующей очередности. По размерам снятой старой секции[1] подбирают шаблон (рис. 42,*а*). В шаблоне имеются прорези, куда вставляют концы проводов. Намотку производят на специальных намоточных станках или обыкновенном токарном станке (при небольшой скорости вращения), в патроне которого

---

[1] Если в ремонт поступил якорь с демонтированной обмоткой, то необходимо расчетом определить размеры катушек. В настоящей брошюре определение размеров катушек расчетом не рассматривается; его можно найти в [Л. 6].

укрепляется шаблон. Провод, набегающий на шаблон, предварительно пропускается через зажим или ролик для натяжения и выпрямления.

При намотке необходимо следить за ровной и последовательной укладкой проводников при намотке (рис. 42,*б*). Чтобы при соединении секции с коллектором не перепутать их, после намотки на выводные концы надевают разноцветную хлопчатобумажную оплетку — чулок; количество цветов зависит от числа секций в катушке.

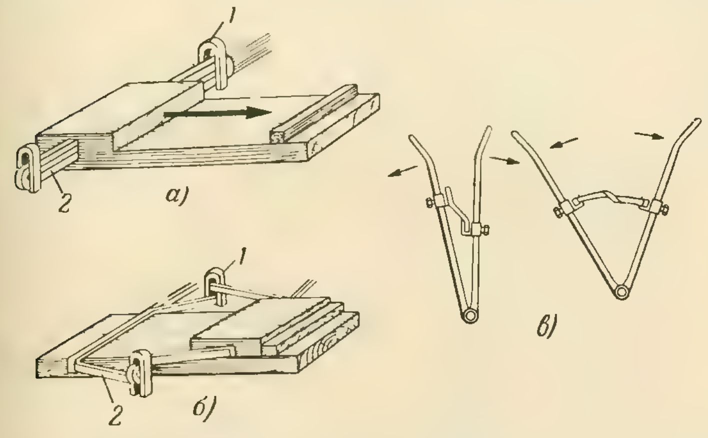


Рис. 43. Приспособление для растяжки секций.

а — секция до растяжки; *б* — секция после растяжки; *1* — приспособление для формовки головки секций; *2* — лобовая часть секции; *в* — приспособление для растяжки небольших секций.

Намотанную секцию или катушку снимают с шаблона и связывают в нескольких местах лентой, уложенной в прорези шаблона до намотки. Затем секцию растягивают в поперечном направлении до необходимых размеров (рис. 43). Растяжку небольших секций производят при помощи приспособления, показанного на рис. 43,*в*. Перед растяжкой секции изолируют и сжимают скобками. Чтобы готовая секция правильно расположилась на цилиндрическом обмоткодержателе, лобовые части ее выгибают на деревянном приспособлении (рис. 44,*а*). В зависимости от формы головки может потребоваться сжатие головки между двумя деревянными (фибровыми или гетинаксовыми) пластинами, которыми могут быть придан нужные размер и угол наклона головки. Готовая секция показана на рис. 44,*б*.

Для намотки якорных секций в крупных ремонтных мастерских применяют более совершенные универсальные шаблоны, которые позволяют производить растяжку лодочек, не снимая их с шаблона.

Намотку жестких секций удобнее всего производить на универсальном шаблоне (рис. 45),

Рис. 44. Шаблон для гнутья лобовой части (*а*) и готовая секция (*б*).

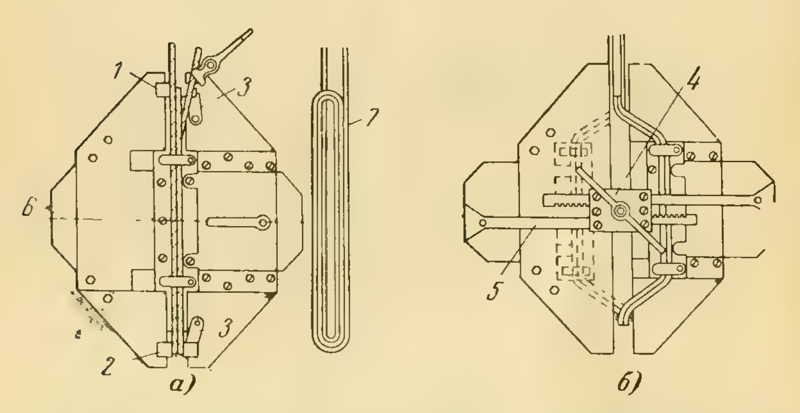


Рис. 45. Универсальный шаблон.

а — до растяжки секций; *б* — после растяжки секций; *1, 2* — кулачки; *3* — скобочки; *4* — растяжное приспособление; *5* — раздвижное приспособление; *6* — ось шпонки; *7* — нерастянутая катушка.

который по своей конструкции весьма прост и удобен для намотки различных типов обмотки.

Изготовление секций на универсальном шаблоне состоит из двух операций: намотки петли и растяжки ее. Шаблон представляет собой вырезанный по специальной форме лист, составленный из двух частей. Между этими частями вставляются кулачки *1* и *2*, положениями кото-

рых определяется длина секции. Кулачки передвигаются по направляющим буртикам между двумя частями листа. Изменяя расстояние между кулачками, можно наматывать секции различной длины. Связывают намотанную секцию в восьми местах хлопчатобумажной лентой, устанавливают на шаблоне растяжное приспособление *4* и растягивают ее до определенных размеров (рис. 45,*б*). Для растяжки секции скобочки *3* отводят в стороны, чтобы кулачки могли двигаться.

Если катушка состоит из нескольких секций, то для одновременной намотки всех секций требуется перемотать медь с бухты на столько барабанов, из скольких секций состоит катушка. Натяжение проволоки при намотке регулируется зажимным устройством, закрепленным на полу.

Сначала электрообмотчик изготовляет первую пробную секцию и по ней учитывает все недостатки установки. Для изготовления пробной секции предварительно подсчитывают длину и ширину секции и устанавливают кулачки *1* и *2* согласно полученным размерам. От радиуса кулачков зависит радиус головки секции, поэтому он должен быть определенной величины. Радиус кулачков увеличивают путем подкладки картона. У намотанной секции зачищают концы.

В дальнейшем операции по изготовлению жестких катушек или секций заключаются в изолировке головок и выводных концов, установке витковой изоляции, изолировке пазовой части катушки (секции), пропитке, сушке и опрессовке прямой части катушек в соответствии с принятой технологией.

Стержневые секции изготовляются из голой или изолированной меди прямоугольного сечения. При ремонте обмоток крупных машин для изготовления секций используется старая медь. С вынутой из пазов старой меди осторожно счищается старая изоляция.

Снятие пазовой и общей изоляции лобовых частей производится острым монтерским ножом. Чтобы легче снималась изоляция, катушки подогревают в печи до температуры 75—85° С.

Очистку катушки от витковой и проводниковой изоляции производят так: катушку погружают в бак с кипящей водой и выдерживают до полного размягчения изоляции, а затем вынимают из бака и охлаждают до тем-

пературы 45—50° С, после чего монтерским ножом с нее снимают изоляцию. Если изоляция снимается плохо, то катушку кипятят в 10%-ном растворе каустической соды и выдерживают в баке до разложения клеящего состава и распада изоляции. После кипячения промывают катушки горячей водой и удаляют остатки изоляции.

После снятия изоляции провод протирают сухими тряпками и проверяют на отсутствие забоин и вмятин; при обнаружении последних их следует устранить.

При изготовлении новых секций сначала нарезают заготовки нужной длины по размерам старой секции. После нарезки требуемого количества стержней (заготовок) их рихтуют на стальной плите, о которую ударяют несколькими стержнями, наложенными один на другой широкой гранью. Затем простукиванием деревянным молотком по всей длине стержня рихтуют каждый стержень в отдельности. В отрихтованных стержнях делают выгиб головки.

Загнутые стержни поступают для лужения концов на длину 20—25 *мм*. Лужение иногда производят на прямых стержнях (до изгиба). До лужения выводные концы зачищают металлическими щетками независимо от того, какая медь применяется (голая или с собственной изоляцией). Луженые концы сразу очищают от избытка припоя щеткой вручную или механически и промывают проточной водой.

Придание секции требуемого очертания производится на специальном приспособлении [Л. 6]. На длинной части его помещается собачка, которая может передвигаться вдоль рамы приспособления и закрепляться в любом положении болтами.

Для изгибания разных секций в приспособлении имеется набор концов с различными углами. К основной части приспособления прикреплена подвижная пластинка с нажимным болтом, которая служит для закрепления головки секции. Для придания ей определенного размера по длине головку секции помещают на основании и зажимают при помощи пластинки и болта. Сначала деревянным молотком отгибают лобовую часть одной стороны секции, а затем, перевернув ее, точно так же отгибают лобовую часть второй стороны секции.

Для отгибания лобовой части верха секций с задней и передней сторон закрепляющую собачку отодвигают влево на 6—9 *мм* и этим увеличивают длину верхней

лобовой части по сравнению с нижней. Затем проверяют размеры изогнутой секции.

После изгибания сторон секции выгибают лобовые части на деревянном шаблоне, который показан на рис. 44, или на специальном прессе.

В крупных машинах секция стержневой обмотки состоит из двух стержней (полусекций), а катушка — из двух полукатушек (рис. 46). Полусекции соединяют хомутиками после укладки стержней (полукатушек) в пазы. При заготовке стержней (полусекций) необходимо нарезать половину стержней на 6—10 *мм* длиннее остальных. Из удлиненных стержней выгибают верхние полусекции, так как они расположены на якоре на окружности большего радиуса, чем нижние, лобовые части их будут несколько длиннее нижних. Форма лобовым частям придается так же, как описано выше.

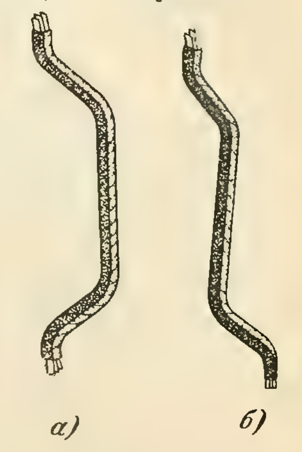


Рис. 46. Полукатушки петлевой (*а*) и волновой (*б*) обмоток.

Укладка обмоток является одной из наиболее ответственных операций технологического процесса ремонта. Перед укладкой электрообмотчик должен получить и подробно ознакомиться с обмоточно-расчетной запиской ремонтируемой машины.

Перед укладкой обмотки должны быть выполнены подготовительные операции, при которых обрабатывают пазы, лакируют сердечник якоря, изолируют обмоткодержатели и пазы. Подготовительные операции подробно описаны выше. После того как все подготовительные операции закончены и произведена разметка якоря под обмотку, электрообмотчик приступает к укладке секций в пазы якоря.

Укладку обмотки производят на отдельном столе, желательно с поворотной верхней доской. Перед укладкой обмотки проверяют мегомметром сопротивления изоляции обмоткодержателей и всех пластин коллектора относительно корпуса. Коллектор также должен быть тщательно проверен и на нем должны быть устранены возможные замыкания между отдельными пластинами.

Последовательность операций и приемы укладки обмотки зависят от мощности машины, формы паза, размера и формы обмоточного провода, конструкции катушек и секций.

Намотку якоря производят без предварительной заготовки (катушек) секций или наматывают посредством укладки заготовленных секций или катушек. Первый вид намотки применяют для машин малой мощности. Также различают намотку якоря с укладкой мягких секций при всыпной обмотке и с укладкой жестких секций при шаблонной обмотке. Всыпная обмотка выполняется у машин малой мощности, а шаблонная — у машин средней и большой мощности.

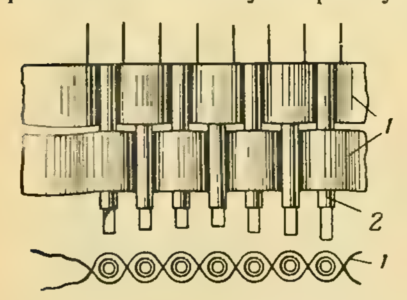


Рис. 47. Изоляция выводных концов у коллектора.

1 — полоска лакотканн; *2* — выводные концы.

Укладку секций (катушек) выполняют по часовой стрелке и против часовой стрелки, если смотреть со стороны коллектора. Якорь при намотке устанавливают так, чтобы коллектор был расположен с правой стороны от электрообмотчика.

В процессе укладки обмотки электрообмотчик проверяет размеры вылета лобовых частей и рихтует их лопаткой, плотно прижимая нижние стороны катушек к изолированным обмоткодержателям. Когда в процессе укладки катушек доходят до пазов с временно уложенными сторонами первых катушек (количество их равно первому шагу по пазам), поднимают последние из пазов, вкладывают нижние стороны катушек, а затем вновь опускают верхние.

Выводные концы со стороны коллектора у проволочных секций изолируют полосками лакоткани (рис. 47).

Если в обмотке имеются уравнительные соединения, то их укладывают на якорь до укладки секций (катушек) в пазы. Уравнительные соединения, которые расположены под лобовыми частями катушек на обмоткодержателях, устанавливают в следующей очередности:

выгибают по поверхности обмоткодержателя нижние стороны вилочных уравнительных соединений *1* (см. рис. 20);

обтягивают обмоткодержатель киперной лентой; предварительно под него подкладывают петлю из той же ленты;

оттягивают ленту за петлю и подсовывают под нее нижнюю сторону уравнительного соединения; конец ленты вкладывают в петушок *2* коллекторной пластины.

После укладки трех-четырех уравнительных соединений лопаткой подбивают их лобовые части одну к другой. Между слоями верхних и нижних лобовых частей уравнительных соединений прокладывают полоски электрокартона или миканита. Затем отсчитывают шаг уравнительных соединений и соединяют верхние стороны катушек с петушками коллектора. Уложив все уравнители, кладут полоски миканита или электрокартона и затягивают киперной лентой.

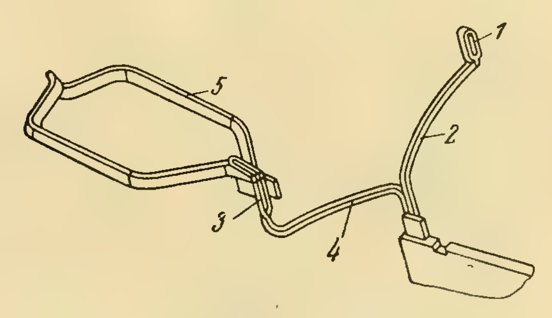


Рис. 48. Уравнительные соединения в ленточных петушках.

1 и *3* — хомутики; *2* — передний ряд петушков; *4* — задний ряд петушков; *5* — обмотка.

В машинах большой мощности ленточные петушки коллекторных пластин являются уравнительными соединениями. Ленточные петушки отличаются от обычных тем, что они направлены от коллекторной пластины не радиально, а наклонно (рис. 48). Хомутики *1* и *3* разрезной обмотки соединяют двумя петушками. Следовательно, в данном случае должны быть два ряда петушков: задний *4* и передний *2*. Такая обмотка может быть выполнена только с полным числом уравнителей, а не по одному на паз, как делают в машинах средней мощности.

Укладка обмотки якоря машин малой мощности. У машин малой мощности обмотка укладывается в пазы

вручную без предварительной заготовки секций. При ручной намотке применяются провода с повышенной прочностью изоляции. Современные провода с высокопрочной эмалевой изоляцией применяют для обмоток при диаметре провода до 0,6—0,8 *мм*. При бо́льших диаметрах применяют провода с двойной волокнистой или комбинированной изоляцией. Достоинством этой обмотки являются минимальные размеры вылета лобовых частей; намотка ведется одним концом, что представляет удобства при работе и не дает отходов проводов. Обмотка выполняется как двухслойная, однако закладка первых секций только одной стороной в этом случае невозможна, так как тонкий проводник нельзя натягивать, как это необходимо при закладке последних сторон секции. При такой намотке первые (по шагу) секции лежат обеими сторонами в нижней части паза, последующие — внизу и вверху, а последние — вверху.

Вложенные в пазы изоляционные коробочки обжимают при помощи деревянных оправок, чтобы при укладке обмотки они плотно прилегали к стенкам паза. Этим устраняется возможность порвать коробочки, в особенности на углах, при осаживании обмотки.

Чтобы предохранить обмотку от замыкания на корпус, с каждой стороны якоря ставят изоляционные листы *2* (см. рис. 49,*а*) из фибры, текстолита или электрокартона толщиной 1—2 *мм*, имеющие форму и размеры листа активной стали. Во избежание отгибания зубцов лист изоляционного материала приклеивают к торцу якоря. Часть вала изолируют (например, класс А) лентой или полоской лакоткани и надевают на нее изоляционную трубку *1*. Для защиты лобовых частей обмотки их закрепляют батистом, разрезанным так, как показано на рис. 19,*б*. Батист надевают на вал, обертывают вокруг последнего и закрепляют шпагатом или шнуром. По окончании намотки якоря на лобовые части обмотки батист загибают; его части, обозначенные на рис. 49,*б* цифрами *1—10*, укладывают в пазы под клинья, которыми укреплена обмотка.

При намотке якорь кладут концами вала на стойку (рис. 49,*а* и *в*). Катушку с проводом устанавливают возле электрообмотчика на деревянной подставке, на которой она может вращаться. По мере заполнения пазов проводами осаживают обмотку в пазы фибровым клином, который натирают парафином.

Чтобы избежать перекрещивания витков как в пазах, так и в лобовой части, необходимо вести намотку с натяжением. При слабом натяжении проводника и большом количестве перекрещивающихся витков обмотка занимает много места и может не уместиться в пазу.

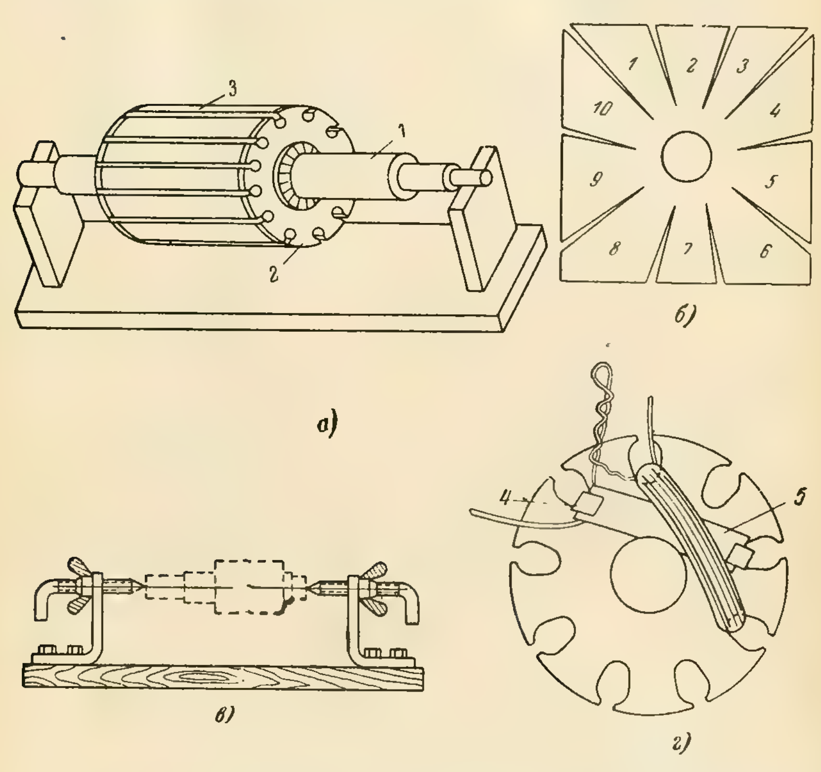


Рис. 49. Изоляция якоря под обмотку.

а — якорь на подставке; *б* — схема разреза куска батиста; *в* — подставка для якоря с осями; *г* — изоляция секции от секции; *1* — изоляционная трубка, лакоткань или лента; *2* — изоляционный штампованный лист из фибры, текстолита или электрокартона; *3* — пазовая изоляция (электрокартон или лакоткань); *4* — прокладка из лакоткани или пропитанной бумаги; *5* — прокладка из изоляционной бумаги или электрокартона.

При намотке тщательно следят за изоляцией проводника, а также за тем, чтобы вложенная в пазы изоляция не сдвинулась с места и не завернулась внутрь паза, что в дальнейшем приведет к браку и при испытании вызовет пробой на корпус.

Изоляция секции от секции в лобовой части показана на рис. 49,*г*. Между слоями в пазу кладут прокладку из тонкой пропитанной бумаги или лакоткани. Рассмотрим примеры укладки обмотки.

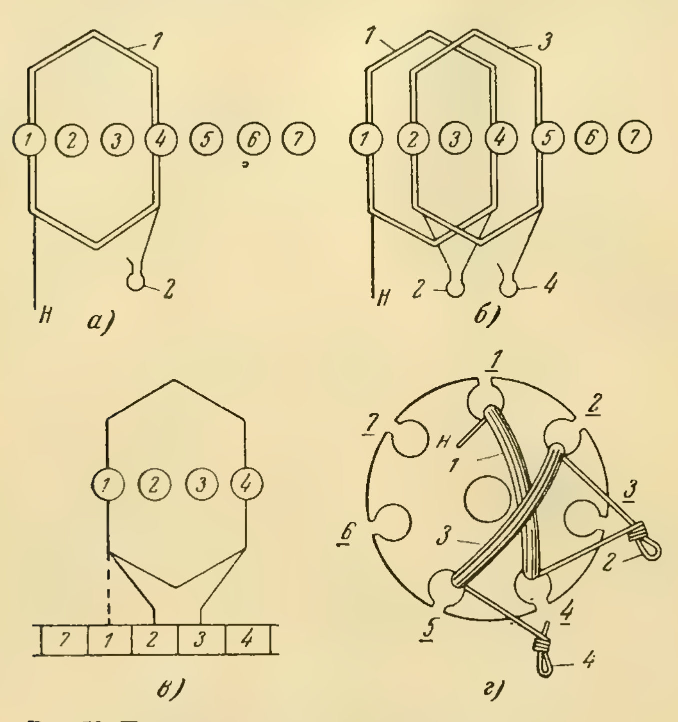


Рис. 50. Простая ручная обмотка при $u_п=1$ (число коллекторных пластин равно числу пазов).

а — намотка первой секции и образование петли для перехода во второй паз; *б* — намотка второй секции; *в* — рабочая схема; *г* — вид с торца; *1* — первая секция; *2* — первая петля; *3* — вторая секция; *4* — вторая петля; *Н* — начало намотки. Подчеркнутые цифры указывают номера пазов.

Пусть якорь имеет семь пазов; шаг по коллектору *1* (из 1-го во 2-й); шаг по пазам 3 (из 1-го в 4-й); число сторон секций в пазу $u_п=1$.

Намотка простой ручной обмотки якоря производится по часовой стрелке в следующей очередности.

Наматывают первую секцию *1* (рис. 50), затем делают петлю *2* для присоединения к коллектору, после чего наматывают вторую секцию *3* (рис. 50,*б*) в рядом лежащие пазы, делают петлю *4* и т. д.

После намотки всех секций конец провода отрезают и свертывают с проводом, выходящим из первой секции.

Коробочки из электрокартона отрезают по высоте паза, осаживают обмотку фибровым клином, затем коробочки загибают вперекрой. Поверх загнутых коробочек забивают деревянные или фибровые клинья или полоски из электрокартона (для мелких якорей).

Ширина полоски из электрокартона должна быть равна ширине паза. Чтобы полоска не изогнулась при закрывании паза, применяют способ запирания пазов «впродержку», заключающийся в следующем. На полоске, равной длине якоря, делают два надреза ножницами на глубину по 2 *мм* с каждой стороны, как показано на рис. 51.

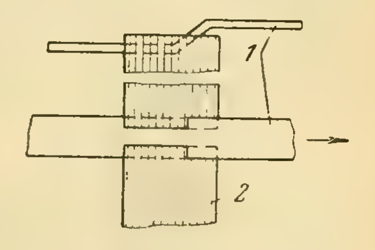


Рис. 51. Заклинивание пазов якоря полоской из электрокартона или фибры.

1 — полоска из электрокартона или фибры; 2 — сталь якоря.

Изгибают полоску дугой, так чтобы края ее вошли в паз, протаскивают ее вдоль якоря, пока края ее по всей длине не зайдут в паз. Отрезают выступающую из паза полоску, снова делают два надреза ножницами, втягивают полоску во второй паз и т. д.

На лобовую часть с задней стороны якоря надевают чехол из батиста и закрепляют его, заправляя под забиваемые клинья по окружности якоря.

Если в пазу четыре стороны ($u_п=2$), то вторую секцию наматывают в те же пазы, что и первую, причем петли для присоединения к коллектору делаются после намотки каждой секции. Ручная обмотка якоря обычно выполняется до посадки коллектора на вал.

В приведенном способе намотки имеется недостаток, заключающийся в том, что на торце лобовые части будут укладываться несимметрично. Лобовые части первых катушек будут плотно прилегать к торцу якоря, а последних — выпучиваться в верхнем слое обмотки. Это в быстроходных машинах нарушает балансировку якоря. Чтобы избежать этого недостатка, применяют специальные схемы намотки, при которых лобовые части располагаются более симметрично, например схемы обмотки якоря «в елочку».

Обмотку «в елочку» называют иногда также «двухходовой». В двухходовой обмотке секции разбиваются на две равные части (две полусекции), которые образуют, если смотреть с торца, две хорды, расходящиеся из одного паза. При обмотке «в елочку» каждую секцию разбивают на две полусекции с учетом шага обмотки

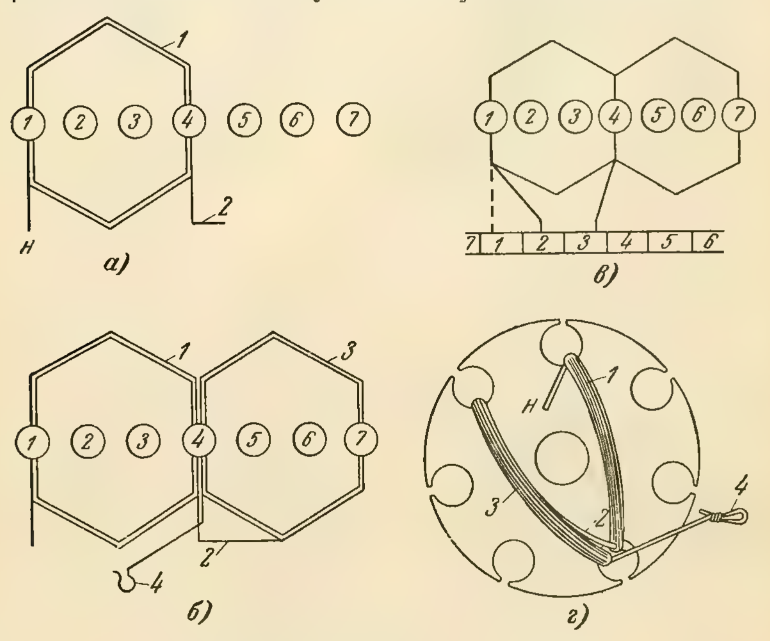


Рис. 52. Ручная обмотка «в елочку».

а — намотка первой полусекции и переход для намотки второй полусекции; *б* — намотка второй полусекции и образование петли; *в* — рабочая схема; *г* — вид с торца; *1* — первая полусекция; *2* — переход ко второй полусекции; *3* — вторая полусекция; *4* — петля.

(рис. 52,*а*), затем переходят в следующий по шагу паз (7-й на рис. 52,*б*) и наматывают вторую полусекцию *2*. После отрезания петли *4* наматывают тем же способом следующие секции.

Если $u_п = 2$, вторую секцию наматывают в те же пазы, что и первую. Число витков в полусекции при обмотке «в елочку» определяют делением общего числа витков в пазу на $4u_п$. Например, при общем числе витков в пазу 80 и $u_п = 2$ число витков в полусекции равно:

$$\frac{80}{4 \cdot 2} = 10.$$

При скосе пазов пакета якоря разметка ручных обмоток якоря, так же как и шаблонных, производится по среднему сечению пакета.

При небольшом числе витков в секции (не более трех) применяют *юбочную обмотку*. Для намотки ее заранее отрезают куски проводов, число которых должно быть равно числу секций. Длина каждого куска провода должна быть равна развернутой длине секции. Концы отрезанных проводов *1* (рис. 53) закладывают в шлицы коллектора *2*, провода изгибают и укладывают в пазы в соответствии со схемой обмотки.

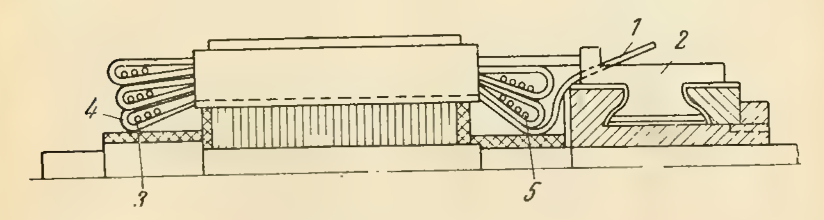


Рис. 53. Юбочная обмотка.

На выходе из паза со стороны, противоположной коллектору, все провода одновременно опять изгибают и накладывают на них для закрепления бандаж *3* из чулка. Потом со стороны, противоположной коллектору, оформляют лобовую часть, изгибая провода вокруг бандажа *3*. Затем все провода укладывают в пазы в соответствии с шагом обмотки сверху находящихся там проводов первого слоя. Таким образом, получается петля *4* (юбка) со стороны, противоположной коллектору; укладывают второй слой обмотки в пазу, и образуется первый виток.

Второй виток получают следующим образом: провод со стороны коллектора изгибают, закрепляют бандажом *5* и вторично укладывают в те же пазы с изгибом и закреплением лобовой части новым бандажом с противоположной стороны. Операции изгиба и бандажировки повторяют несколько раз в соответствии с числом витков в секции. После намотки всех витков концы проводов закладывают в шлицы коллектора в соответствии со схемой обмотки.

Число петель (юбок) обмотки на стороне, противоположной коллектору, равно числу витков, а со стороны коллектора — на один меньше.

Юбочные обмотки выполняют петлевыми и волновыми. Схемы их ничем не отличаются от схем обычных шаблонных обмоток.

Укладка всыпной обмотки производится после изолировки лобовых частей сердечника якоря, пазов и вала. Изолировка пазов и вала аналогична описанной выше, выполняемой при ручной обмотке.

Сначала укладывают в пазы нижние стороны катушек в количестве, охватывающем шаг обмотки по пазам; при этом необходимо опускать через шлиц по нескольку витков. Верхние стороны катушек временно не укладывают в пазы якоря.

Секции (катушки) должны входить в пазы плотно, но без применения молотка. Окончательное осаживание сторон секций на дно паза производят легкими ударами молотка по специальной узкой пластине («сапожку») из дерева или фибры, рабочая часть которой должна соответствовать ширине паза. При этом необходимо следить за тем, чтобы прокладки из электрокартона не сминались. Смятая прокладка не дает возможности уложить всю обмотку в паз.

Выводные концы нижней катушки вкладывают в отмеченные при разметке якоря коллекторные пластины.

Перед укладкой верхних сторон катушек на нижние стороны накладывают прокладку из электрокартона, которая необходима для предупреждения возможного виткового замыкания. После укладки верхних сторон катушек осаживают обмотку в пазовой части, а также лобовые части легкими ударами молотка, например через фибровый клин.

После укладки обмотки отрезают излишки проходных коробочек по высоте с таким расчетом, чтобы остался запас на нахлест. Стороны коробочек загибают стальной оправкой и молотком.

В паз забивают клин из изоляционного материала. При неполном заполнении паза обмоткой кладут под клин прокладки из электрокартона или фибры.

Лобовые части обмотки стягивают временным бандажом из шпагата или киперной ленты и придают им концентрическую форму по отношению к сердечнику якоря с помощью молотка и клина из фибры. Лобовую часть со стороны, противоположной коллектору, можно укрепить, как показано на рис. 54.

Откусывают плоскогубцами концы верхних секций обмотки, выступающих за шлиц коллекторных пластин, изолируют выводные концы со стороны коллектора и бандажируют их крученым шпагатом.

Испытывают электрическую прочность изоляции обмотки по отношению к корпусу повышенным напряжением, а также обмотку на витковые замыкания.

Запаивают концы в шлицы коллекторных пластин.

Укладка шаблонных обмоток. Подготовка якоря к укладке шаблонных обмоток ничем не отличается от описанной выше.

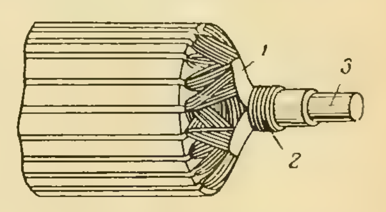


Рис. 54. Укрепление лобовой части обмотки якоря.
1 — батист; 2 — бандаж; 3 — вал.

Укладываемые катушки должны быть точно изготовлены. Поэтому нужно применять строгой размерности изоляционные материалы. Катушки шаблонных обмоток изготовляют из проводов круглого и прямоугольного сечений.

Прежде чем приступить к укладке катушек в пазы, необходимо знать шаг по пазам и шаг по коллектору. Пусть шаг обмотки по пазам равен 9, а шаг по коллектору 58.

Катушки укладывают в следующем порядке: вкладывают нижнюю сторону первой катушки в 10-й паз. Легким постукиванием молотка по фибровому клину, входящему в паз, нижнюю сторону катушки осаживают на дно паза. При ударах по клину необходимо передвигать его вдоль пазовой части катушки и следить за тем, чтобы секция входила в паз равномерно и без перекосов. При этом между верхней и нижней сторонами катушки каждого паза прокладывают изоляционные прокладки.

Одновременно с укладкой катушек в их лобовые части между верхними и нижними сторонами катушек прокладывают изоляционные прокладки из нескольких слоев электрокартона и гибкого миканита определенной толщины.

Во время укладки катушек следят за тем, чтобы они ложились правильно в пазы, т. е. чтобы концы, обращенные в сторону коллектора, были одинаковыми; расстояния от края стали якоря до перехода пазовой части в лобовую должны быть также одинаковыми с обеих сторон.

Верхняя сторона катушки временно остается не вложенной в 1-й паз.

Так же вкладывают нижние стороны восьми других катушек, т. е. заполняют пазы, лежащие на протяжении шага по пазам. Затем якорь поворачивают и закладывают низ девятой катушки в 19-й паз, предварительно продев под лобовыми частями межслойную изоляцию как с передней, так и с задней сторон якоря. Верхняя сторона этой катушки попадает в 10-й паз, где уже лежит нижняя сторона первой катушки. Таким образом, десятая катушка укладывается в пазы обеими своими сторонами.

Так же полностью закладывают все остальные катушки, после чего поднятые верхние стороны девяти первых катушек закладывают в соответствующие пазы, в которых уже лежат нижние стороны других (последних) катушек.

В процессе укладки обмотки проверяют вылет лобовых частей, рихтуют обмотку обмоточной лопаткой и осаживают лобовую часть нижнего слоя обмотки плотно на изолированный обмоткодержатель.

После укладки всех катушек соединяют секции катушек с коллекторными пластинами.

Для удобства вкладывания концов обмотки в шлицы коллекторных пластин загибают все верхние концы секций кверху. Перед укладкой концов необходимо проверить правильность вывода их из пазов, т. е. убедиться в том, что они не перепутаны. Это можно проверить контрольной лампой. Начало и конец первой секции отмечают бирками.

После нахождения выведенных концов всех секций вкладывают отмеченный конец нижней стороны первой секции, которая лежит в 10-м пазу, в шлиц 59-й коллекторной пластины. Конец нижней стороны второй секции этой катушки вкладывают в шлиц 60-й коллекторной пластины; конец нижней стороны третьей секции этой катушки вкладывают в шлиц 61-й пластины, передвигаясь по коллектору по часовой стрелке. Концы секций забивают в шлиц, легко постукивая по ним молотком.

После укладки всех нижних концов в соответствующие пластины коллектора на них по изолированной части наматывают бандаж из полотняной ленты в несколько рядов по всей окружности. Затем в шлицы вкладывают концы всех верхних сторон секций.

Во время укладки обмотки необходимо верхние концы секций около коллекторных пластин змейкой переплести хлопчатобумажной лентой (см. рис. 47), чтобы предохранить рядом лежащие концы от соединений. Уложенные в пазы катушки снова осаживают ударами молотка по деревянному или фибровому клину. В случае необходимости обмотку уплотняют в пазу прокладками из электрокартона. Коробочки отрезают ножом (см. рис. 36,*в*) по высоте с таким расчетом, чтобы стороны их могли перекрыть одна другую. Подбирают клинья по размеру паза и закрепляют их в пазу, применяя приспособление, показанное на рис. 55. С противоположной

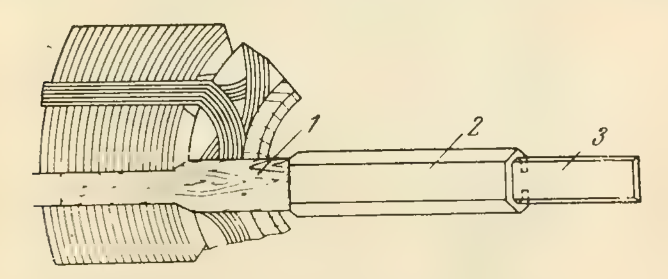


Рис. 55. Приспособление для забивки клиньев.
1 — клин; *2* — обойма; *3* — ударник из стали.

стороны коллектора лобовые части катушек оправляют, рихтуют и между отдельными сторонами секции ставят дистанционные прокладки из электрокартона или фибры. После выполнения этих операций отрезают пилой концы проводов, выступающие из пластин или петушков коллектора. Затем драчевым напильником удаляют заусенцы.

Обмотку якоря проверяют на витковое замыкание с помощью электромагнита или другим способом, а также испытывают электрическую прочность изоляции напряжением 2 000—3 100 *в* в зависимости от номинального напряжения машины.

Производят пайку коллектора, бандажирование, пропитку и сушку обмотки. После сушки и наложения постоянных бандажей обмотку также испытывают напряжением, равным 1 700—2 900 *в*.

Укладка стержневых обмоток. При выполнении обмоток сначала вкладывают в пазы все нижние стороны

стержней, оставляя верхние невложенными. Затем вставляют выводы от нижних сторон катушек в петушки коллектора, забивая между ленточными петушками деревянные клинья, после чего накладывают изоляцию на выводные концы и лобовые части нижнего слоя из электрокартона, закрепляя ее киперной лентой. После этого кладут в пазы и петушки коллекторных пластин верхние стороны стержней, предварительно прокладывая в пазу

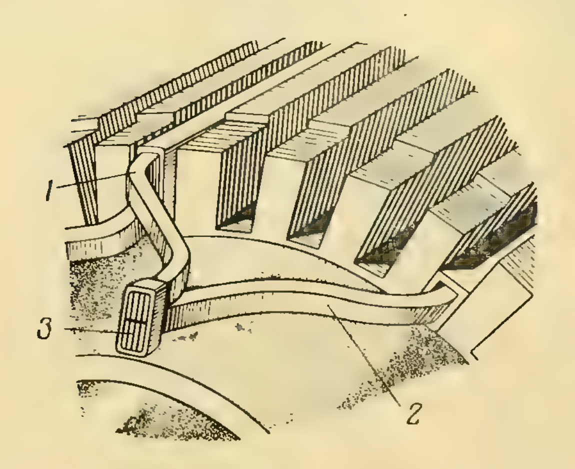


Рис. 56. Укладка стержневой обмотки.

1 — верхний слой; *2* — нижний слой; *3* — хомутик для соединения.

межслойную изоляционную прокладку. По мере укладки верхних катушек кладут изоляционные прокладки между катушками в лобовых частях обмотки.

После укладки обмотки на задней стороне соединяют полусекции в секции (рис. 56) соединительными хомутиками. Правильность этого соединения должна быть тщательно проверена. Соединив все полусекции хомутиками, рихтуют лобовые части и устанавливают дистанционные прокладки. Все хомутики обжимают плоскогубцами, после чего между хомутиками ставят деревянные конусные клинья и концы обмотки рихтуют по рейсмусу. После этого длинные концы выступающих из хомутиков стержней отрезают. Остальные операции выполняют так же, как и для шаблонной обмотки.

6. РЕМОНТ КАТУШЕК ПОЛЮСОВ

Для катушек полюсов применяют изолированные круглые провода сечением до 7 *мм*² и прямоугольные сечением до 16 *мм*². Если провода имеют сечение больше 20 *мм*², катушки наматывают из голых медных шин.

Катушки из изолированного провода и медных шин по технологии обмотки и изолировки различны. В катушках из изолированного провода межвитковой изоляцией служит изоляция самого провода, однако в отдельных местах, как, например, в переходах между слоями, она нуждается в усилении путем обматывания лентами или вкладывания прокладок из листовых изоляционных материалов. Катушки из голых шин могут быть намотаны плашмя или на ребро, а межвитковая изоляция выполняется в процессе изготовления их. В противоположность шинным катушкам обмотки якоря, у которых каждый проводник обматывают лентой по всему контуру витка, намотка полюсных катушек из голых шин менее трудоемка. В катушках, намотанных на ребро, изоляцию между витками вставляют в виде прокладок, а при намотке шинных катушек плашмя межвитковую изоляцию наматывают на станке вместе с медью.

Главные полюсы машин параллельного возбуждения малой и средней мощности, имеющие большое число витков, наматывают из провода круглого сечения.

Катушки из изолированного провода прямоугольного сечения применяют большей частью для последовательной обмотки машин малой и средней мощности и параллельной (шунтовой) обмотки крупных машин. Добавочные полюсы наматывают, как правило, из голого шинного провода.

Для машин последовательного возбуждения катушки наматывают из прямоугольного изолированного или голого провода.

Рекомендуется при ремонте полюсных катушек сохранять марку и сечение провода.

Намотку катушек главных полюсов параллельного возбуждения производят на каркасах или разъемных оправках (шаблонах) из дерева твердой породы или металла.

Внутренние размеры оправки (шаблона) надо выдержать так, чтобы после намотки и изолирования катушка могла быть насажена на полюс. Шаблон состоит

из сердечника *1* и двух боковин *2* (рис. 57,*а*). Для машин малой мощности применяют каркасы (рис. 57,*б*) из электрокартона или бакелизированной бумаги. Для машин средней и большой мощности каркасы изготовляют из листовой стали с помощью точечной сварки.

Для облегчения извлечения шаблона из катушки он имеет косой разрез. В обоймах оправки делают четыре выреза для закладывания в них перед намоткой катушки кусков ленты, закрепляющей витки катушки перед

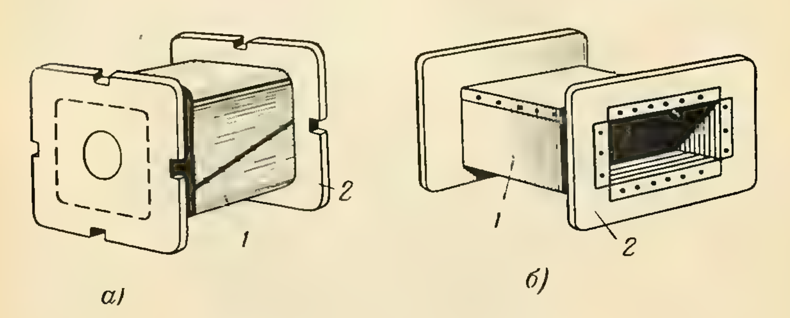


Рис. 57. Шаблон (*а*) и каркас (*б*).

снятием их с шаблона и в процессе намотки. С внутренней стороны обоймы имеют углубления на 3—5 *мм*, которые необходимы для того, чтобы сердечник оправки не мог смещаться относительно обойм.

Каркас или шаблон перед установкой на намоточный станок изолируют по высоте, например, 8—10 слоями микафолия (достигая толщины изоляции на сторону 1,5—2 *мм*).

Изолировку каркаса производят микафолием вручную с помощью электрического утюга. На торцы каркаса катушки устанавливают шайбы из гетинакса или электрокартона.

Намотка катушек на шаблон выполняется в следующем порядке. К началу обмоточного провода (марок ПЭВ, ПЭЛ, ПБВ, ПЭБЛО и т. д.) припаивают медную луженую выводную пластину или специальный патрон (гильзу). Если катушку наматывают проводом диаметром до 1 *мм*, то выводные концы припаивают из провода марки ПРГ (гибкий с резиновой изоляцией). Выводные концы паяют припоем марки ПОС-40, а обмоточные провода внутри катушки — серебряным припоем.

Перед намоткой катушки начальную выводную пластину изолируют в зависимости от класса изоляции лакотканью, гибким миканитом или электрокартоном и закрепляют на каркасе или шаблоне. Шаблон или каркас катушки с закрепленным выводным концом устанавливают на планшайбе намоточного (рис. 58) или токарного станка, после чего на малой скорости наматывают катушку.

Провода диаметром до 0,8 *мм* наматывают на каркас или шаблон навалом, т. е. без строгого соблюдения правильности укладки витков в горизонтальном и вертикальном направлениях.

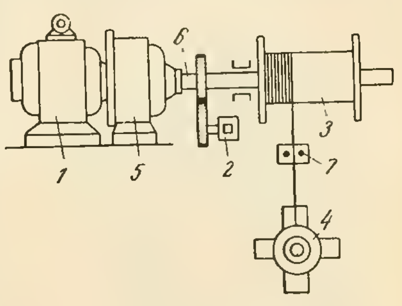


Рис. 58. Станок для намотки катушек.

1 — двигатель; *2* — счетчик; *3* — шаблон (оправа); *4* — вертушка с проводом; *5* — редуктор; *6* — вал; *7* — натяжное приспособление.

Провода больших диаметров должны укладываться при намотке равномерно, без перекрещивания витков. При намотке катушек проводами прямоугольного сечения на переходах из слоя в слой подкладывают полоски из гибкого миканита или картона толщиной 0,2 *мм*. Перед намоткой последнего слоя провода на каркасе или шаблоне устанавливают выводную пластину или медную гильзу и припаивают конец обмотки к выводной пластине (патрону).

В процессе намотки необходимо несколько раз останавливать станок, осаживать витки катушки ударами молотка по осадному бруску и скреплять лентой (рис. 59) витки катушки.

Намотанную катушку проверяют на отсутствие межвитковых замыканий, изолируют лентой в соответствии с классом изоляции и направляют на пропитку и сушку.

Ремонт катушек дополнительных полюсов. Обычно катушки дополнительных полюсов наматывают голым медным проводом прямоугольного сечения. При ремонте намотка катушек дополнительных полюсов встречается редко, так как почти всегда можно переизолировать провод старой катушки.

Для витковой изоляции катушек служит электрокартон, миканит или асбест толщиной до 1 *мм*. Для корпусной изоляции применяют микафолий, бакелизированную бумагу и электрокартон. Переизолировку катушек дополнительных полюсов производят в следующей очередности:

очищают от старой изоляции катушку, надевают ее на оправу и раздвигают витки;

между витками прокладывают электрокартон или прокладки из миканита (на шеллаке), которые вырезают по периметру витков;

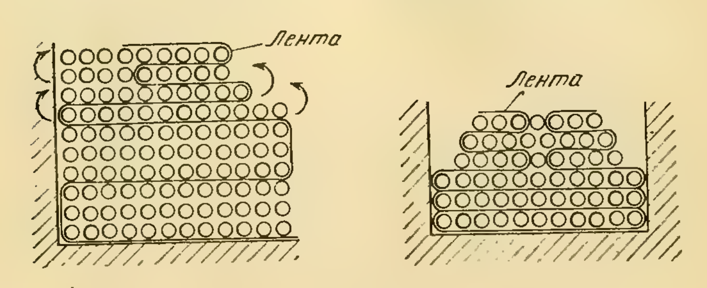


Рис. 59. Скрепление витков катушек лентой.

катушку перевязывают хлопчатобумажной лентой и в таком виде собирают на специальной металлической оправе вместе с торцовыми изоляционными шайбами;

создают небольшое давление на торцах катушки, нагревают ее током до температуры 120—130° С и окончательно прессуют при удельном давлении около 36 *кГ/см*^{2};

охлаждают катушку в запрессованном состоянии до температуры окружающей среды;

разбирают прессующие приспособления, зачищают, пропитывают и сушат катушку.

7. РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРА

Подготовка коллектора. После осмотра рабочей поверхности коллектора замеряют величину износа его. Состояние поверхности коллектора проверяют индикатором. Для этого индикаторную головку закрепляют на пальце щеткодержателя таким образом, чтобы пята ножки касалась поверхности коллекторных пластин,

а окружность коллектора делят на несколько равных частей по числу полюсов и более. Коллектор медленно поворачивают на один оборот и записывают показания индикатора при проходе через отмеченные деления. Опыт проверяют в нескольких местах по длине коллектора. При неровностях до 0,15 *мм* коллектор должен быть отполирован, при неровностях 0,2—0,5 *мм* — прошлифован, если неровности более 0,5 *мм* — проточен.

Допустимые биения коллекторов приведены в табл. 10.

Таблица 10

Диаметр коллектора, *мм*	Скорость вращения, *об/мин*	Биение, *мм*	
		в горячем состоянии	в холодном состоянии
До 250	До 3 000	0,04	0,02
250—350	750—2 000	0,04	0,02
350—600	600—1 250	0,05	0,03
600—900	500—850	0,06	0,03
900—1 500	450—700	0,07	0,04
Свыше 1 500	До 400	0,07	0,04

Совершенно недопустимым является выступание на поверхности коллектора отдельных пластин.

Для уменьшения биения следует подтянуть гайки, стягивающие шпильки, или коллекторные болты, затем нагреть коллектор до 100—110° С и снова подтянуть и обточить коллектор.

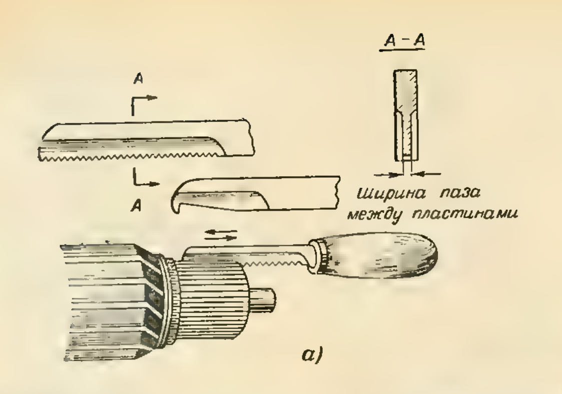
Нагреть коллектор можно током, пропуская его через обмотку из фехраля (нихрома), наложенную на обмотанный асбестом коллектор.

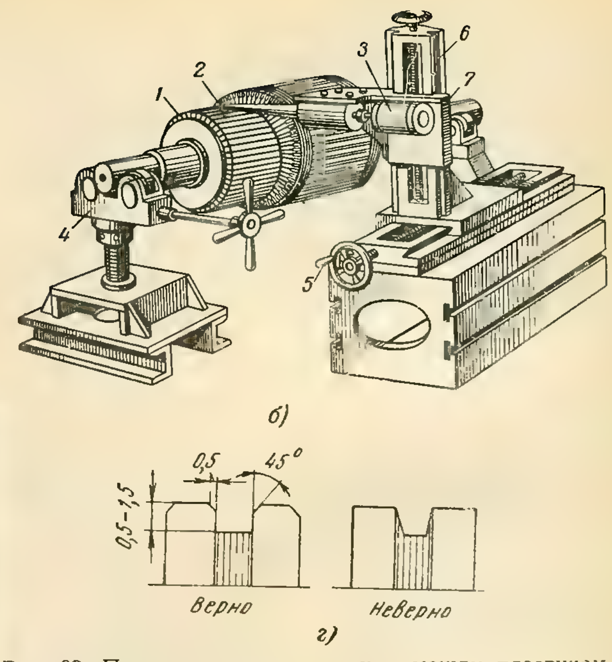
Подтягивать коллектор нужно осторожно, равномерно затягивая болты, расположенные по окружности.

Проточку коллектора производят на токарном станке при скорости резания не более 1—1,5 *м/сек*. Подача за один оборот 0,05—0,2 *мм*, толщина стружки 0,2 *мм*.

Шлифовка производится мелкозернистыми карборундовыми камнями марок СТ-2 и СТ-3, которые укрепляют непосредственно на суппорте, при окружной скорости коллектора 10—20 *м/сек* либо при номинальной скорости вращения.

Полируют коллектор при номинальной скорости вращения мелкой стеклянной шкуркой с зернистостью





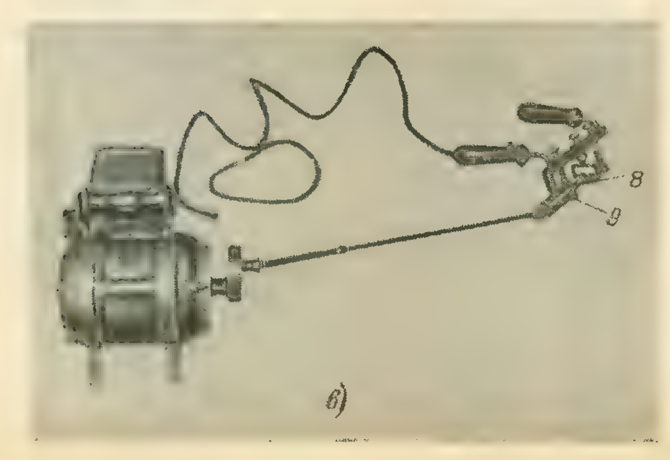


Рис. 60. Продороживание изоляции между пластинам коллектора.

а — вручную; *б* — фрезой на станке; *в* — специальным устройством; *г* — размеры при продороживании; *1* — коллектор; *2* — фреза; *3* — двигатель; *4* — роликовая стойка; *5* — маховик; *6* — суппорт продольного перемещения; *7* — суппорт вертикального перемещения; *8* — направляющий нож; *9* — подвижные опоры.

180—240, положенной на пригнанный по поверхности коллектора брусок, либо пемзой.

После проточки и шлифовки продороживают изоляцию между пластинами либо пилкой вручную (рис. 60,*а*), либо фрезой (рис. 60,*б*) для машин средней мощности, либо для машин большой мощности специальным приспособлением с гибким валом или устройством, показанным на рис. 60,*в*. Направляющий нож *8* приспособления предотвращает повреждение, так как он дает возможность задавать устойчивое направление фрезе,

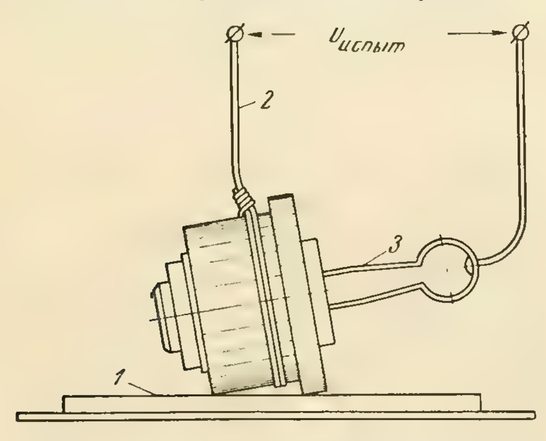


Рис. 61. Испытание электрической прочности изоляции коллектора (напряжение подается к проволоке и пружинному зажиму).

а также фиксировать глубину продороживания. Благодаря подвижным опорам *9* приспособление устойчиво во время работы. Встроенная в рукоятку приспособления кнопка управления электроприводом облегчает пуск и остановку привода.

Глубина продороживания 1—1,5 *мм*; края пластин скашивают под углом 45° на ширину около 0,5 *мм* (рис. 60,*г*). Затем проверяют коллектор на отсутствие замыканий между пластинами контрольной лампой на 110 или 220 *в*. Лампа не горит при отсутствии замыкания.

Проверяют изоляцию коллектора (рис. 61) по отношению к корпусу повышенным напряжением.

Величина испытательного напряжения рекомендуется ГОСТ 183-66 или специальными ремонтными инструкциями.

Для испытания коллектор устанавливается на изолирующей пластине *1*. Один вывод источника испытательного напряжения подводится ко всем пластинам сразу (пластины обматывают несколькими витками голой медной проволоки *2*), а другой присоединяется ко втулке коллектора с помощью пружинного зажима *3*.

Испытанию повышенным напряжением должна предшествовать проверка сопротивления изоляции коллектора (или обмоток, если испытываются обмотки).

Сопротивление изоляции коллектора или обмоток относительно корпуса машины должно быть не ниже значения, получаемого по формуле

$$R = \frac{U}{1000 + \frac{P}{100}}, \ Мом,$$

где U — номинальное напряжение машины, *в*;

P — номинальная мощность машины, *квт*.

Неисправности коллектора и устранение их

Замыкание пластин коллектора на корпус определяется мегомметром на 500—1 000 *в* или испытательной установкой. Для устранения замыкания выполняют следующие операции:

Отпаивают и вынимают концы секции из коллекторных пластин, приподнимают и загибают эти концы на лобовую часть, изолируют лентой и притягивают к лобовой части. Убеждаются в отсутствии замыкания пластин и секций.

Отмечают риской место посадки коллектора на втулке. Стягивают съемником или другим приспособлением коллектор и насаживают его на вал такого же диаметра. Губки съемника должны захватывать не пластины, а втулку коллектора таким образом, чтобы не портить пластин и изоляционных конусов.

Накладывают на коллектор проволочный бандаж по всей окружности или схватывают коллектор хомутами. Под бандаж или хомут прокладывают электрокартон толщиной 0,5 *мм*. Бандаж накладывают по всей ширине пластин. Края бандажа охватывают скрепками из жести и припаивают к бандажу. Нельзя при пайке допускать попадание припоя на пластины коллектора. На пластине и нажимной шайбе отмечают взаимное расположение их.

Отвертывают гайку коллектора и нагревают коллектор в течение 2 *ч* при температуре 115° С, после чего

удаляют наружный нажимной корпус и манжету коллектора с помощью легких ударов по торцовой части нажимного конуса.

Проверяют состояние манжеты коллектора и расточки пластин. Находят место замыкания.

Прочищают стеклянной шкуркой расточку пластин коллектора. При незначительных повреждениях изоляции допускаются зачистка и прокладка слюды и миканита на шеллачном или бакелитовом лаке.

По старому конусу или по чертежам завода-изготовителя изготовляют новую манжету коллектора в специальной прессформе по профилю расточки пластин. Манжету коллектора изготовляют из калиброванного формовочного миканита толщиной 0,2—0,3 *мм* без зазоров между отдельными листочками миканита (содержание лака 10—30%). Толщина изоляции миканитовых конусов машин на напряжение 220 *в* должна быть не менее 1,5 *мм*.

Технология изготовления манжеты состоит в следующем.

Нарезают заготовку из миканита и закладывают ее в нагретую прессформу. Перед закладкой в прессформу заготовку нагревают до 110—115° С. Прессформу с заготовкой нагревают в течение 30—40 *мин* и опрессовывают матрицей и пуансоном.

Вторично прогревают такое же время и еще раз опрессовывают конус в прессформе. Затем отрезают выступающие части миканитовой заготовки.

Зажимают прессформу в струбцине, охлаждают ее, снимают струбцину и вынимают конус из прессформы. При опрессовке и зажиме необходимо избегать перекоса пуансона в прессформе. Старый конус коллектора удаляют, зачищают поверхность нажимного конуса плоским напильником и стеклянной шкуркой и надевают на него новую манжету коллектора. Манжета должна плотно прилегать к нажимному конусу и соответствовать ему по размерам.

Вкладывают в расточку коллектора нажимной конус и манжету коллектора, заворачивают гайку коллектора. Концы вкладывают в расточку точно по риске, которая была нанесена на пластинах коллектора и конусе перед разборкой. Гайку заворачивают до отказа специальным ключом.

Нагревают коллектор, запрессовывают манжету и

конус под прессом с усилием 200—300 $кГ/см^2$, применяя специальную нажимную втулку, и подворачивают гайку.

Нагревают коллектор в печи в течение 2—4 *ч*, подпрессовывают манжету и подтягивают гайку.

Снимают с коллектора бандаж или хомут.

Испытывают изоляцию между коллектором и корпусом на электрическую прочность, предварительно насадив коллектор на вал.

Вкладывают концы секций в шлицы по шагу коллектора и проверяют правильность закладки.

При изготовлении петушка из заготовки пользуются специальной прокладкой и оправкой, чтобы придать петушку правильную форму (рис. 62), и выдерживают

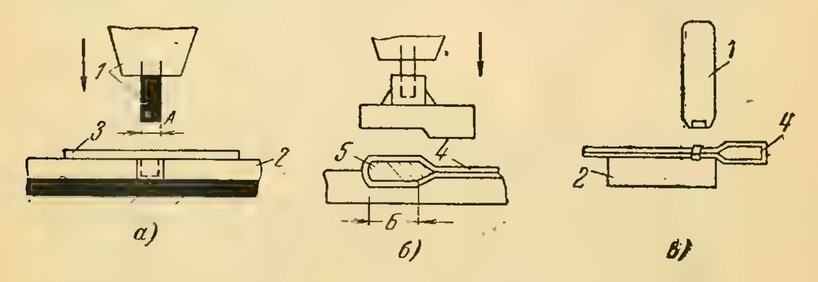


Рис. 62. Изготовление петушков.

а — приспособление для гибки и штамповки; *б* — приспособление для формовки головки петушка; *в* — набор подкладок для клепки петушков; *1* — пуансон; *2* — матрица; *3* — материал, из которого изготовляют петушки; *4* — петушок; *5* — оправа.

следующие необходимые допуски: по ширине окна петушка $A^{+0,1}_{-0,0}$ *мм*, по длине окна петушка $Б^{+0,2}_{-0,0}$ *мм*.

При прорезке в коллекторной пластине шлица для петушков возможны допуски на размеры шлицев по толщине пластины +0,05 и —0,0 *мм*, а по длине и высоте ее +0,2 и —0,1 *мм*. Шлицы в петушках в коллекторе зачищают, соблюдая последовательность укладки концов. Под концы секций подкладывают хлопчатобумажную ленту.

Отрубают выступающие из петушков концы секций, пропаивают концы секций в коллекторе, подтягивают гайку коллектора и закернивают резьбу. При пайке следят за тем, чтобы припой не попадал на торцовую часть коллектора.

Протачивают коллектор и проверяют качество пайки. Если необходимо, пропаивают места с некачественной

пайкой, а затем удаляют наплывы припоя вторичной проточкой.

Проверяют коллектор на отсутствие замыканий пластин и электрическую прочность изоляции.

Продороживают коллектор, снимают заусенцы и отшлифовывают поверхность коллектора.

Обмотку якоря проверяют на отсутствие витковых замыканий и испытывают изоляцию на электрическую прочность по ГОСТ 183-66.

Устранение короткого замыкания между пластинами коллектора выполняется в следующем порядке:

Устанавливают якорь на стойки и отмечают замкнутые накоротко пластины коллектора (замкнутые пластины определяют игольчатыми щупами и милливольтметром).

Специальным ножом удаляют грязь между пластинами; особенно тщательно прочищают изоляцию вблизи петушков и на торцовых частях коллектора.

Замечают шаг по коллектору и положение одной пластины относительно паза с той же секцией.

Распаивают коллектор, вынимают концы секций из петушков, загибают их на лобовую часть и проверяют контрольной лампой отсутствие замыканий между пластинами.

Из проволоки диаметром 0,5—0,8 *мм* на коллектор накладывают бандаж. Если коллектор собран на отдельной втулке, то его предварительно снимают с вала якоря, а затем отворачивают гайку коллектора. Нагревают коллектор в сушильной печи в течение 2 *ч* до температуры 115° С.

Удаляют из расточки коллектора легкими ударами молотка по торцовой части наружный нажимной и изоляционный конусы; проверяют состояние расточки «ласточкина хвоста» и зачищают расточку стеклянной шкуркой.

Удаляют подгары изоляции между пластинами по всему контуру пластин и проверяют коллектор на отсутствие замыканий контрольной лампой или игольчатыми щупами. Если замыкания имеются, то прогревают коллектор и снимают его со втулки. Снятие пластин, между которыми имеется замыкание, производят так, чтобы нажимной и изоляционный конусы со стороны пакета якоря остались на месте.

Зачищают стеклянной шкуркой расточку «ласточкина хвоста» с внутренней стороны и прочищают изоляцию между пластинами ножом по всему периметру пластин.

Проверяют отсутствие замыканий между пластинами. Если обнаружены замыкания пластин, то подогревают пакет коллекторных пластин до температуры 115° С и легкими ударами молотка по одной из замкнутых пластин сдвигают ее вдоль оси.

Выбивают пластину из пакета, отделяют поврежденную изоляцию от пластины ножом и ставят на ее место новую изоляцию, а затем выбитую пластину. При выбивании пластины из пакета нельзя допускать спадения бандажа и перекоса пакета. Новая изоляция пластины должна быть вырезана по форме и размерам старой или по чертежам завода-изготовителя.

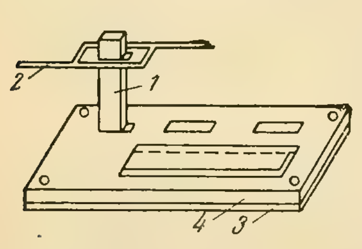


Рис. 63. Рихтовка коллекторной пластины.

1 — пластина; *2* — вороток; *3* — резина; *4* — рихтовочная плита, прикрепленная к слесарному верстаку.

Пластины устанавливают на место легкими ударами молотка через медную пластину; с противоположной стороны между пластинами должен быть вставлен клин или заготовка в форме пластины. Искривленные пластины рихтуют на плите, которая ставится на резиновую прокладку (рис. 63). После выпрямления пластины не должны иметь искривлений, вмятин, забоин и пр.

Контрольной лампой проверяют отсутствие замыканий между пластинами.

Ставят пакет пластин на поверочную плиту, выправляют их и прочно закрепляют бандаж или хомут. После правки пластины должны быть перпендикулярны плите.

Пакет пластин помещают по ранее сделанным рискам на пластине и конусе на внутренние нажимной и изоляционный конусы, находящиеся на якоре. Вставляют конусы в расточку коллектора, устанавливают наружные нажимной и изоляционный конусы и заворачивают гайку.

Подтягивают гайку, предварительно нагревая коллектор в течение 2—3 *ч* до температуры 130° С.

Вторично нагревают коллектор в течение 2—4 *ч* до 160° С и подтягивают гайку.

Качество сборки и опрессовки коллектора определяется вдавливанием пластин легким ударом молотка через медную, деревянную или фибровую подкладку по нерабочей части коллектора. При этом подкладка должна иметь ширину, не превышающую толщины коллекторной пластины. Ни одна из коллекторных пластин при проверке не должна быть вдавлена внутрь коллектора. Перекос вдоль оси и отклонение по радиусу на внешней поверхности цилиндра меди коллектора после сборки не должны превышать величин, указанных в табл. 11.

Таблица 11

Толщина коллекторной пластины, *мм*	Наибольшее отклонение по радиусу, *мм*	Наибольшие значения перекоса, *мм*, при длине пластины, *мм*	
		125 и более	менее 125
До 8	0,5	1,0	0,5
Более 8	0,75	1,5	1,0

Снимают бандаж или хомут и проверяют контрольной лампой отсутствие замыканий между пластинами и на конусы. Состояние изоляции между пластинами и конусами проверяют напряжением, равным 50% испытательного.

Вкладывают концы секций в шлицы по шагу коллектора и зафиксированному положению пластины коллектора относительно паза, соблюдая правильность укладки концов секций. Перед укладкой зачищают шлицы ножовкой и подкладывают под концы хлопчатобумажную ленту.

Проверяют правильность укладки вольтметром, отклонения которого должны быть практически одинаковыми и однополярными.

Отрубают выступающие из петушков концы секций, пропаивают коллектор, подтягивают гайку коллектора и закернивают резьбу. Пайку коллектора производят в наклонном положении (см. § 8).

Протачивают коллектор, проверяют качество пайки, пропаивают коллектор и удаляют наплывы припоя вторичной проточкой.

Продороживают коллектор и проверяют качество пайки, отсутствие замыканий пластин, отсутствие витковых замыканий в обмотке; накладывают бандаж.

Формовка коллектора. После ремонта коллектора, связанного с разборкой его для замены изоляции или коллекторных пластин, необходимо, чтобы коллектор имел правильную круглую форму, был монолитным. Это необходимо для нормальной работы машины. Монолитность коллектора достигается в процессе формовки его, которая заключается в том, что сильно разогретый коллектор приводится во вращение со скоростью, которая

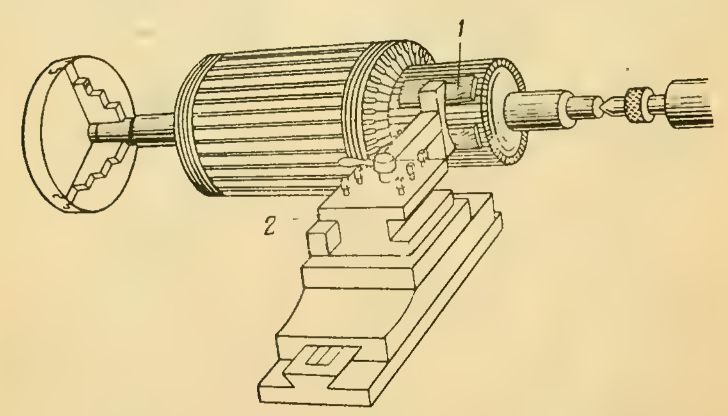


Рис. 64. Схема формовки коллектора на токарном станке.

должна быть не меньше номинальной скорости вращения якоря, а затем производится подтяжка болтов и шпилек.

Трудности формовки возрастают с увеличением размеров коллекторов (диаметра и длины) и скорости вращения, и формовка не всегда может быть произведена при ремонте коллектора. Поэтому в крупных или быстроходных машинах нередко приходится доводить формовку уже в собранной машине. В небольших якорях формовку коллекторов производят на токарных станках. Схема формовки показана на рис. 64.

В центрах токарного станка устанавливают якорь, в резцедержателе *2* — деревянные колодки *1*. Величину радиального смещения пластин после формовки проверяют по индикатору. Если смещение пластин превышает 0,03 *мм*, коллектор обтачивают и затем повторяют формовку. Температурные режимы и технология подтяжки разогретого коллектора устанавливаются различными в зависимости от габаритов и номинальной скорости вращения якоря.

8. ПАЙКА СОЕДИНЕНИЙ В ОБМОТКАХ

При ремонте обмоток машин пайке соединений следует уделять самое серьезное внимание. При пайке соединяют концы обмотки с коллектором, концы катушек, головки стержневых обмоток, выводные провода и т. п. В процессе пайки припой, находясь в расплавленном, жидком состоянии, смачивает поверхность соединяемых металлов, заполняет все поры в местах соединений и диффундирует в спаиваемые металлы. По остывании припоя образуется промежуточная прослойка, соединяющая детали в одно целое.

Пайка должна быть выполнена чисто и тщательно; поверхности мест соприкосновения должны быть полужены и совершенно чистыми. Известны многочисленные случаи тяжелых аварий машин из-за некачественной пайки соединений.

По температуре расплавления припои делятся на мягкие (олово — свинец) с температурой плавления до 265° С и твердые (медь — серебро) с температурой плавления 700° С и выше. Существует также промежуточная группа припоев.

Из мягких припоев наиболее употребительны оловянно-свинцовые марок ПОС-30—ПОС-90 (цифры указывают процентное содержание олова). Хорошие результаты дает пайка чистым оловом (температура плавления 232° С). Однако вследствие дефицитности этого металла пайку чистым оловом производят лишь в особо ответственных машинах при наличии повышенных температур. Кадмиево-цинково-серебряные припои (ПКДЦСр. 31) применяют для пайки бандажей машин с изоляцией класса Н, а свинцово-серебряные припои (ПССр. 2,5) применяют для пайки коллекторов этих машин.

Из твердых припоев применяют серебряные (ПСР45—ПСР70) с температурой плавления 720—780° С и медно-фосфористые (ПМФ7, МФ-3) с температурой плавления 710—860° С. По сравнению с серебряными медно-фосфористые припои обладают пониженными пластическими свойствами, поэтому соединения, работающие на удар и изгиб, не следует паять медно-фосфористыми припоями. Применение медно-фосфористых припоев по сравнению с серебряными и оловянистыми дает большую экономию.

Глубокие узкие щели, например прорези коллектора, требуют применения припоя с более высоким содержанием олова. Если же в местах соединения имеются широкие щели, то применение высокооловянистых припоев недопустимо, так как они будут вытекать из мест соединений. Для лужения применяют припои с меньшим содержанием олова, чем для пайки.

Флюсы. Для получения прочного соединения посредством пайки соединяемые поверхности тщательно очищают от грязи, жирных пятен и всяких посторонних примесей. Очистку поверхностей выполняют напильником, шабером или наждачной бумагой. На поверхности металлов всегда имеется пленка окиси, которую недостаточно удалить перед началом пайки, необходимо предохранить металл от окисления в процессе пайки. Такая защита достигается применением флюсов, назначение которых состоит в том, чтобы расплавлять окислы, удалять их с поверхности соединяемых деталей и предохранять металлы и припои от окисления в процессе пайки. Флюсы снижают также поверхностные натяжения припоев и улучшают смачивание спаиваемых поверхностей и растекание припоя.

При выборе флюса надо учитывать следующее. Температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя. Флюс должен быть безвреден для работающих. Флюс не должен вступать в соединение с основным металлом и припоем, благодаря чему он всплывает на поверхность металла, а не остается в пайке. После охлаждения флюс должен легко удаляться с поверхности основного металла.

Флюс употребляют в виде порошка, паст или растворов.

При пайке оловянно-свинцовыми припоями в качестве флюса широко применяется канифоль.

Можно применять очищенную канифоль в сухом виде или в виде раствора в бензине или спирте в пропорции 1 : 1. Для пайки меди и ее сплавов твердыми припоями используют также буру и борную кислоту.

При пайке серебряными припоями можно применять флюс, состоящий из 50% буры, 35% борной кислоты и 15% фтористого калия.

Для пайки оловянисто-свинцовыми припоями тех мест, где поверхностная проводимость не имеет значения, применяют в качестве флюса паяльную пасту,

которая имеет следующий состав (%): вазелин технический — 65,5, канифоль — 2,5, хлористый цинк — 20, хлористый аммоний — 2, сало — 5 и дистиллированная вода — 5.

Виды соединений при пайке. При пайке мягким припоем применяют соединение встык (рис. 65,*а*) с по-

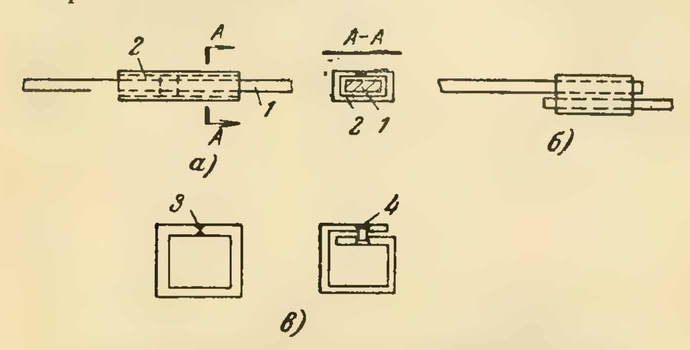


Рис. 65. Соединения при пайке мягкими припоями.

а — встык; *б* — внахлестку; *в* — сваренный и заклепанный хомутики; *1* — соединяемые провода; *2* — хомутик; *3* — сварка; *4* — заклепка.

мощью замкнутых медных хомутиков. Хомутик должен быть полужен, иметь правильную форму и плотно с минимальным зазором, равным 0,1—0,3 *мм*, и без

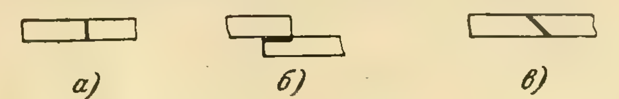


Рис. 66. Соединения при пайке твердыми припоями.

а — встык; *б* — внахлестку; *в* — в ус.

перекоса охватывать соединяемые провода. Сечение хомутика не меньше 75% сечения провода, а длина его в зависимости от размеров проводов колеблется от 20 до 50 *мм*.

Более надежным является соединение внахлестку (рис. 65,*б*), но оно не всегда выполнимо, так как занимает много места.

При пайке твердыми припоями надобность в соединительных хомутиках отпадает и применяются соединения встык, внахлестку и в ус (рис. 66). Соединения встык и в ус не увеличивают поперечного сечения про-

вода в месте спая и применимы для проводов круглого и прямоугольного сечений. Соединение внахлестку является более надежным, чем соединения встык и в ус, но имеет ограниченное применение из-за увеличенных размеров по сравнению с другими соединениями при пайке твердыми припоями.

Пайку проводов твердым припоем производят в следующей очередности: подготавливают торцы; разогревают до темно-красно-малинового цвета; посыпают бурой до полного закрытия слоем расплавленной буры концов провода; продолжают нагрев до расплавления припоя, после чего прекращают нагревание; осматривают и опиливают места пайки, проверяют прочность пайки на изгиб. Припой в виде листочка закладывают между торцами провода. Для прямоугольной меди большого сечения стык выполняют наискось (угол 65°). Нагрев места пайки производят контактным способом по методу сопротивления с применением специальных щипцов и клещей или газовым пламенем.

Контактный нагрев происходит весьма интенсивно и так быстро, что близлежащая к месту спая изоляция не успевает перегреться и подгореть, и для медно-фосфористого припоя он практически является единственным надежным способом, так как пайка газовым пламенем не всегда обеспечивает хорошее и надежное соединение. Пайка газовым пламенем весьма распространена для серебряных припоев. Температура при пайке около 700° С.

Пайка коллекторов мягкими припоями. Технология пайка мягкими припоями состоит в следующем: очищают поверхности места пайки; прогревают места пайки до температуры, при которой припой плавится от прикосновения к месту пайки; обильно промазывают спаиваемые места флюсом; вводят припой, прижимая его к щели между спаиваемыми поверхностями; удаляют сухой тряпкой излишки припоя в горячем состоянии; дают пайке остыть и смывают остатки флюса.

Коллекторы небольших размеров, у которых провода припаиваются непосредственно к пластинам коллектора, паяют паяльником. Чтобы ускорить пайку, желательно применять электрические паяльники. Прогрев должен производиться осторожно, чтобы не отпустить пластины. Обмотка при этом защищается асбестовой тканью или картоном

Для пайки якорь наклонно укладывают на подставки, причем сторона коллектора должна быть ниже противоположной стороны якоря, что предохраняет при пайке от попадания припоя между коллекторными пластинами и в обмотку.

Место пайки очищается от грязи и пыли. Если на коллекторных пластинах видна окись, то она счищается. Все шлицы с вложенными в них концами обмотки промазывают флюсом (канифолью в спирту или бензине)

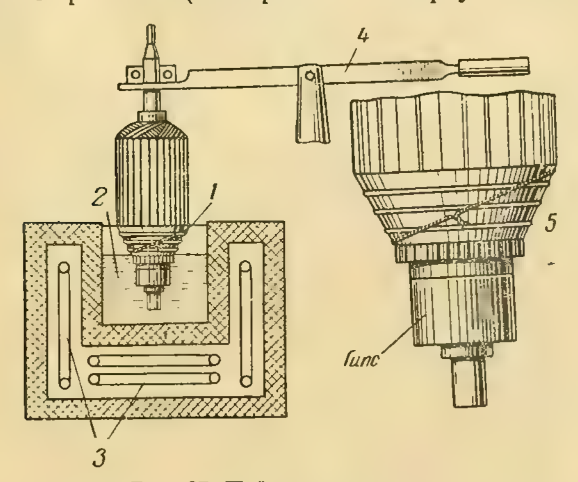


Рис. 67. Пайка якоря в ванне.

1 — бандаж; *2* — припой; *3* — электронагреватели; *4* — приспособление для подъема якоря; *5* — бандаж из листового асбеста.

или посыпают толченой мелкой канифолью, и лишь затем приступают к пайке. При пайке ни в коем случае не должна применяться травленая кислота.

Пайку коллектора можно производить в паяльной ванне. Перед пайкой конец вала со стороны коллектора, торцовую часть и более чем половину коллектора смазывают раствором гипса, после чего сушат в сушильном шкафу, чтобы при опускании якоря в ванну с припоем не произошел взрыв от соприкосновения влаги с расплавленным припоем. Якорь (предварительно все шлицы с проводами смазывают канифолью) погружают в ванну с припоем до места наложения бандажа (рис. 67). Подержав якорь в ванне очень непродолжительное время, вынимают его и осматривают пайку. Места некачественной и плохой пайки снова смазывают

канифолью и пропаивают прутком припоя (якорь еще не остыл).

После того как якорь остыл, с конца вала и коллектора снимают гипс.

Пайка в ванне имеет следующие преимущества: экономится припой; рабочее время сокращается в несколько раз; коллектор предохраняется от чрезмерных нагревов, так как он нагревается лишь до температуры плавления припоя; коллектор нагревается равномерно в течение непродолжительного времени.

Хорошие результаты дает пайка коллектора, при которой якорь устанавливают вертикально коллектором вниз. Торцовую часть петушков ставят на асбестовую прокладку, лежащую на борту стального кольца. Кольцо и коллектор прогревают при помощи электрообогрева до температуры 250° С, после чего петушки обильно промазывают канифолью и в канавку между ними и бортом кольца наливают расплавленный припой. При этом способе обеспечивается хорошее проникновение припоя. Припой не должен наливаться выше уровня петушков, чтобы он не затек в обмотку. Для выполнения пайки по этому способу ремонтный персонал должен иметь установку для нагрева и набор сменных колец для разных диаметров коллекторов.

Весьма удобным является нагрев петушков, при котором коллектор охватывается медным хомутом, обеспечивающим хороший контакт с пластинами. Один конец от сварочного трансформатора подводят к этому хомуту, а второй — к паяльнику, который представляет собой медный стержень с графитовой накладкой, укрепленной в рукоятке из изоляционного материала. Прикосновением графитовой накладки к петушку его разогревают до нужной температуры.

Качество пайки проверяется внешним осмотром, измерением переходного сопротивления между спаянными частями, проверкой нагреванием при прохождении через место пайки тока, ультразвуком.

При внешнем осмотре можно обнаружить только явно плохую пайку. Если пайку нельзя видеть непосредственно, то рекомендуется пользоваться зеркальцем, которое вставляют между коллектором и сталью якоря.

Все заглубления и загрязнения проверяют иглой или тонкой проволочкой, чтобы убедиться, является ли этот

дефект наружным или отверстие проходит через всю пайку. Иногда для проверки качества разрубают одно или два подозрительных места пайки и тщательно осматривают их.

Измерение величины омического сопротивления при проверке качества паек основано на измерениях величин переходного сопротивления соединяемых проводов. Эти измерения производят методом амперметра—вольтметра и другими способами. При одном и том же токе, проходящем через место пайки, измеряется величина падения напряжения в пайке. Если пайка выполнена хорошо, сопротивление практически одинаково и показания милливольтметра будут почти одинаковыми для всех паек. При плохой пайке показания милливольтметра увеличиваются.

Проверка нагревания паек производится следующим образом: на коллектор на расстояние шага по коллектору устанавливают с помощью приспособления угольные или металлические щетки с кабельными отводами, через которые в коллектор, а следовательно, и в обмотку якоря подается ток, близкий к номинальному, в течение 10—15 *мин* или увеличенный в 1,5 раза в течение 5 *мин*. Если пайки нагреваются практически одинаково, следовательно, они выполнены хорошо. Плохо пропаянное соединение, имеющее по сравнению с другими повышенное сопротивление, нагревается больше, что и обнаруживается термометрами, термопарами, термокрасками или на ощупь. Длительное прохождение тока через дефектные пайки иногда разогревает их до такой степени, что припой начинает вытекать из них.

Контроль пайки ультразвуком весьма эффективен и применяется для проверки массивных паек у машин большой мощности. Для контроля ультразвуком пайка зажимается клещами, на губках которых закреплены два щупа с пьезоэлектрическими пластинками (один щуп излучает ультразвуковые колебания с частотой 0,5 *Мгц*). При прохождении через пайку ультразвуковые колебания вызывают в пластинке другого приемного щупа электрические колебания, э. д. с. которых измеряется ламповым вольтметром. В непропаянных местах повышается рассеяние ультразвуковых волн и в приемном щупе уменьшается э. д. с.

Монолитность пайки оценивают по эталону, который представляет собой кусок медной шины, обработанный

по форме и размерам пайки. Среднеарифметическое из показаний лампового вольтметра в отдельных местах сравнивают с показаниями лампового вольтметра при прозвучивании эталона.

9. ПРОПИТКА И СУШКА ОБМОТОК[1]

Изоляция обмоток машин способна впитывать влагу, вследствие чего снижаются ее изоляционные свойства. Поэтому после перемотки якоря для удаления имеющейся в изоляции влаги и для предотвращения возможности попадания в нее влаги из воздуха изоляция подвергается сушке и пропитке. Процесс этот сводится к следующему. Обмотанный якорь подвергается предварительной сушке в печи для удаления влаги из изоляции обмотки. В табл. 12 приведены ориентировочные режимы сушки обмоток якорей перед пропиткой.

Таблица 12

Класс изоляции	Температура сушки, °С	Время сушки обмотки, *ч*		
		шаблонной	всыпной	стержневой
A	110—125	3—8	3—5	2—6
B	120—130	2—4	2—3	2—4
F	150—160	2—4	2—4	2—4
H	180—200	3—6	3—6	2—4

Примечание. Сушка до пропитки обязательна для обмоток с непропитанной хлопчатобумажной и целлюлозной изоляцией, а также если обмотки изолированы миканитовыми материалами на нетермореактивных лаках. Не обязательна предварительная сушка обмоток из проводов с влагостойкой изоляцией (эмалевая, винифлексовая, полиуретановая, полиэтилентерефталатная, стекловолокнистая) и изолированных влагостойкими материалами. Однако для некоторого увеличения стойкости эмалевой изоляции обмоток к воздействию растворителей пропиточных лаков лучше производить предварительную сушку или прогрев изоляции.

При сушке и пропитке обмотки из изоляции удаляется влага, а поры и пустоты заполняются изоляционными лаками.

Краткие характеристики наиболее распространенных лаков и эмалей для пропитки и лакировки обмоток приведены в табл. 13.

---

[1] Подробно процессы пропитки и сушки обмоток изложены в [Л. 4].

Таблица 13

Марка лака, эмали	Класс изоляции	Растворители лака, эмали	Температура при сушке, °С	Характеристика лака и назначение
1	2	3	4	5
458	А	Смесь ксилола с уайт-спиритом в соотношении 1:1, а также смеси, содержащие бензин, толуол, сольвент-нафта и скипидар	105—120	Обладает достаточной влагостойкостью и кислотостойкостью. Применяется для обмоток с проводами ПБД и ПЭЛБО. Недостатки: непросыхание в толстом слое и немаслостойкость
447	А и В	То же	130—140	Обладает более высокими, чем лак 458, электроизоляционными свойствами, теплостойкостью и влагостойкостью и более эластичной пленкой. Применяется для пропитки обмоток с проводами марок ПБД, ПЭЛБО и ПСД. Недостатки: немаслостоек, обладает низкой цементирующей способностью
МЛ-92	А, Е, В	Ксилол, толуол или их смесь с уайт-спиритом	120—130	Хорошо сохнет в толстом слое, маслостоек, влагостоек. Применяется в тех случаях, когда требуется высокая цементация обмотки. Недостаток: невысокое сопротивление изоляции
МГМ-8	F	То же	120—140	Просыхает хорошо в толстом слое, эластичен. Применяется для пропитки обмоток из проводов марки ПСД
АФ-17	А, Е, В	Ксилол	120—140	Хорошо просыхает в толстом слое, маслостоек и обладает высокими цементирующими свойствами. Применяется для пропитки обмоток якорей, которые испыты-

Продолжение табл. 13

Марка лака, эмали	Класс изоляции	Растворитель лака, эмали	Температура при сушке, °С	Характеристика лака и назначение
1	2	3	4	5
				вают значительные центробежные и электродинамические усилия. Не разрушает винифлексовую изоляцию
ФЛ-98	А, Е, В	Ксилол и уайт-спирит в соотношении 1:1	120—140	Маслостоек, обладает высокими цементирующими свойствами. Применяется для пропитки обмоток якорей, которые испытывают значительные центробежные и электродинамические усилия. Не рекомендуется применять для обмоток с проводами марки ПЭВ
ПЭ-933	F	Смесь этилцеллозольва и ксилола в соотношении 1:1	100—120 (первая ступень) и 155 (вторая ступень)	Имеет очень высокую цементирующую способность, высокую влагостойкость, тропикостоек, маслостоек. Применяется для пропитки машин с изоляцией класса F
К-47 и К-47к	F и Н	Этилцеллозольва и ксилол	100—120 (первая ступень) и 200—220 (вторая ступень)	Пригодны для пропитки обмоток усиленно влагостойкого, тропического и химически стойкого исполнений
321т	А, Е, В	Вода	120	Маслостоек. Применяется для пропитки обмоток полюсов с проводами ПЭЛБО и ПЭЛШО, пожаробезопасен. Недостатки: не просыхает в толстом слое, химически нестоек. Нельзя применять для пропитки обмоток с проводами марки ПБД, а также с изоляцией, содержащей гибкий миканит на глифталевом лаке, или со слюдинитовой и слюдопластовой изоляцией

Марка лака, эмали	Класс изоляции	Растворители лака, эмали	Температура при сушке, °С	Характеристика лака и назначение
1	2	3	4	5
ПФЛ-8в	А, Е, В	Вода	120	Маслостоек, просыхает в толстом слое, пожаробезопасен. Применяется для пропитки обмоток полюсов. Недостаток: не химостоек. Нельзя применять для пропитки обмоток с проводами марки ПБД, а также с изоляцией, содержащей гибкий миканит на глифталевом лаке, или со слюдинитовой и слюдопластовой изоляцией
ГФ-92ХС (б. СВД)	А	Толуол и др.	80—90	Дугостойка, воздушной сушки, обладает хорошей адгезионной способностью. Маслостойка. Применяется для покрытия обмоток невлагостойкого исполнения
ГФ-92ГС (б. СПД)	А, Е, В	Сольвент, скипидар и др.	105—110	Маслостойка, влагостойка. Образует твердое электроизоляционное покрытие. Рекомендуется для пропитки машин тропического исполнения
ЭП-91	F	Этилцеллозольва	20±5 (первая ступень) и 180±5 (вторая ступень)	Предназначена для защитного покрытия лобовых частей обмоток тропического, усиленно влагостойкого и химически стойкого исполнений
ПКЭ-19 и ПКЭ-22	Н	Ксилол	120±5 (первая ступень) и 200—220 (вторая ступень)	Розового и коричнево-красного цветов, теплостойки. Применяются для обмоток усиленно влагостойкого и тропического исполнений

8—1412

Чтобы пропиточный лак заполнил поры обмотки, он в процессе пропитки должен оставаться в жидком, маловязком состоянии и хорошо проникать в глубь обмотки. Поэтому при пропитке обмоток необходимо проверить вязкость лака вискозиметром Энглера, вискозиметром (воронкой) НИИЛК или вискозиметром ВЗ-4.

Вискозиметр ВЗ-4 имеет объем воронки 100 *см*³, диаметр и высоту сопла по 4 *мм*. Воронка заливается лаком до краев. Лак должен иметь температуру 20° С. Вязкость испытываемого лака определяется временем истечения его через сопло в секундах.

При определении вязкости лака по воронке НИИЛК дают истечь 100 *см*³ лака в мерный сосуд через сопло диаметром 7 *мм*. Рекомендуемые вязкости лаков по вискозиметру ВЗ-4 при температуре 20° С: № 460—25—36 *сек*, № 458—20—36 *сек*, ГФ-95—30—50 *сек*, БТ-99—30—60 *сек*. Вязкость по воронке НИИЛК примерно равна ¼ вязкости, измеренной вискозиметром типа ВЗ-4.

Если вязкость превышает рекомендуемую для данной марки лака, в него добавляют разбавитель, помня, что температура разбавителя должна быть примерно равна температуре лака. Разбавитель вливают небольшими порциями и тщательно перемешивают с лаком деревянной палкой по всей глубине бака. Если используется смесь разбавителей, то последние предварительно смешивают и только после этого смесь вливают малыми порциями в бак с лаком при постоянном перемешивании. После разбавления лака проверяют качество лаковой пленки, образуемой лаком при опускании в него полоски тонкой гладкой бумаги. Лаковая пленка не должна иметь крупинок. Когда в лаке имеются крупинки, повышают температуру в пропиточном помещении, чтобы лак соответственно нагрелся, и после того снова тщательно перемешивают и проверяют качество его пленки.

Свернувшийся лак в результате неправильной технологии приготовления или несоответствующего разбавителя для пропитки обмоток непригоден.

Якоря машин малой и средней мощности пропитывают погружением их в ванну, наполненную изоляционным лаком, причем якорь погружают в бак вертикально коллектором вверх и лак не должен доходить до петушков коллектора на 10—20 *мм*.

При отсутствии достаточно большой ванны с лаком пропитку якоря можно выполнить, катая его в противне с лаком.

Пропитка якорей машин средней и большой мощности производится пульверизацией или обливанием обмотки изоляционным лаком сначала с одной, а после переворачивания якорей с другой стороны. Продолжительность пропитки погруженного в ванну якоря от 15 до 25 *мин.* Пропитка считается законченной, когда прекращается выделение пузырьков воздуха с поверхности лака.

Пропитанный в лаке якорь ставят на стеллаж так, чтобы лишний лак свободно стекал с него. Лак должен стекать на воздухе не менее 30—60 *мин.* Признаком окончания стекания лака является увеличение интервала между падающими с якоря каплями до 3—4 *мин.*

После пропитки и стекания лака якорь сушат. Перед загрузкой якоря в сушильную печь все поверхности, где не должно быть лаковой пленки (коллектор, шейки вала и др.), протирают смоченной в бензине тряпкой. Время сушки обмоток якорей зависит от конструкции и материала пропитанных обмоток, размеров якорей, марки лака, температуры сушки, циркуляции воздуха в печи и т. д.

Температура сушки всыпных обмоток якорей, пропитанных, например, лаками № 458, 447, 321т и МЛ-92, для классов изоляции А и В при сушке конвекционным способом равна 110—140° С, а время сушки колеблется от 6 до 20 *ч.* Для классов изоляции F и H при пропитке лаками К-47 и ПЭ-933 сушку делают в две ступени: первая при 110—120° С 2—4 *ч*, вторая при 160—200° С 6—16 *ч.*

Чтобы повысить качество изоляции, применяется двойная пропитка, а повторная сушка производится так же, как и при одноразовой пропитке.

Наиболее распространенной является сушка обмоток якоря в печи (шкафу) горячим воздухом, подогреваемым паровыми или электрическими калориферами. Во время сушки должны быть обеспечены циркуляция горячего воздуха и удаление водяных паров и паров растворителей путем регулирования открытия заслонок в печи и вентиляционной системы.

Хорошо просушенная изоляция характеризуется величиной сопротивления и постоянством этой величины

в течение 2—4 последних часов сушки. После сушки проверяют сопротивление изоляции обмотки якоря по отношению к корпусу.

Пропитка (с последующей сушкой) может быть дву- и более (до 6) кратной. Повторные пропитки увеличивают влагостойкость изоляции. На рис. 68 показана сушильная печь, достаточно хорошо зарекомендовавшая себя в эксплуатации. Каркас *4* печи имеет двойные стенки, между которыми заложена шлаковата или минеральная вата, облицованная с боков шамотным кирпичом. Нагреватели печи обычно трубчатые. С помощью них в печи создается температура до 200° С.

Нагнетаемый вентилятором *2* воздух проходит через нагреватели, поступает в печь через входной патрубок (в середине печи), омывает подвергающиеся сушке обмотки (изделия) и по трубам, расположенным на боковых стенках печи, поступает опять в вентилятор. В рабочей зоне печи разность температур колеблется в пределах 5—7° С. Для удаления паров и подсоса свежего воздуха воздухопровод имеет регулируемую задвижку.

Более надежной является система, в которой при помощи электрических сопротивлений, погруженных в масло, нагрев масла производится в отдельном помещении и горячее масло насосом (ступенчатым) подается через змеевики, которые расположены в печи, или через калорифер, обогревающий циркулирующий в печи воздух. Рекомендуется применение масла с высокой температурой вспышки, например «вапор» или цилиндрового.

Применяют для сушки метод сушки инфракрасными лучами. Нагрев деталей производится лампами накаливания специальной конструкции. Этот метод представляет при ремонте значительные удобства, так как облучение лампами может быть легко организовано на месте ремонта.

Для придания обмотке повышенной влагостойкости и гладкой блестящей поверхности якорь подвергают лакировке. При лакировании на поверхность обмотки наносится тонкий слой покровного лака и эмали. Нанесение эмали должно производиться таким образом, чтобы получалась равномерная, плотная, эластичная пленка.

Хорошее качество пленки получается при толщине ее 0,1—0,15 *мм*. Более толстый слой плохо просыхает.

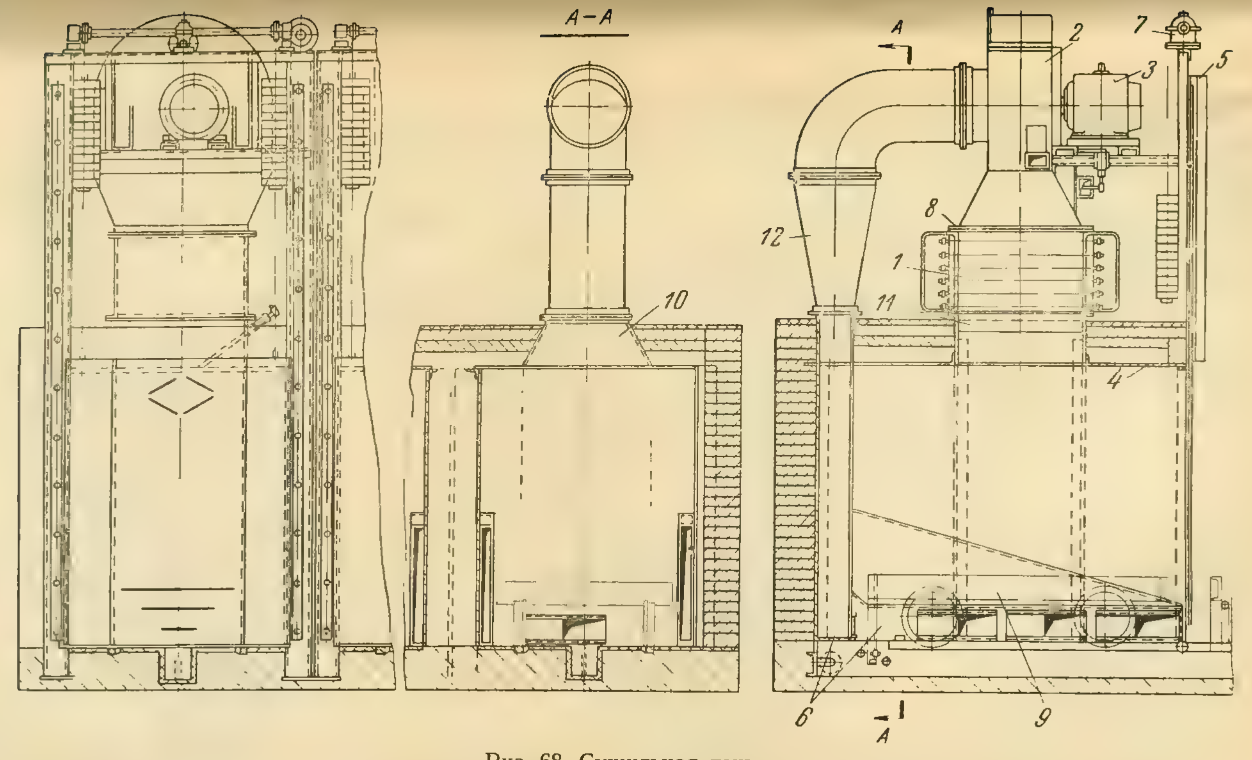


Рис. 68. Сушильная печь.

1 — калорифер; *2* — вентилятор; *3* — электродвигатель; *4* — каркас; *5* — дверь; *6* — короб; *7* — механизм подъема двери; *8* — прокладка; *9* — тележка; *10* — патрубок вытяжной; *11* — патрубок калорифера; *12* — всас воздуха.

Для получения высококачественного слоя пленки производят многократное покрытие обмоток лаком и эмалью. Наиболее распространенными эмалями являются ГФ-92ГС (классы А, Е и В, время сушки 4—6 *ч* при температуре 105—115° С); ЭП-91 (класс F, время сушки 1—4 *ч* в две ступени при температурах 20 и 180° С); ПКЭ-22 (класс Н, время сушки 3—14 *ч* в две ступени при температурах 120 и 200° С).

Пропитка и сушка катушек полюсов. Перед пропиткой полюсные катушки просушивают при температуре 110—115° С в течение 3—6 *ч*. Охлажденные до температуры 60—80° С катушки погружают в бак с пропиточным лаком на 10—20 *мин*. Для пропитки катушек с изоляцией классов А, Е и В применяют масляно-битумный лак № 447. Пропитанные катушки кладут на стеллаж и выдерживают на воздухе 30—40 *мин*, а затем сушат при температуре 120—130° С в течение 10—30 *ч*. Вторую пропитку катушек производят в лаке марки БТ-99. После пропитки и сушки катушки покрывают эмалями, например эмалью воздушной сушки марки ГФ-92ХС, и сушат на воздухе в течение 3—5 *ч*.

10. БАНДАЖИРОВКА И БАЛАНСИРОВКА ЯКОРЕЙ

При вращении якоря возникают центробежные силы, которые стремятся сместить обмотку. Чем больше скорость вращения и вес меди обмотки, тем больше центробежная сила. Для удержания обмотки применяют пазовые клинья и бандажи.

Бандаж представляет собой группу последовательно соединенных витков стальной луженой проволоки диаметром 0,4—2,5 *мм*.

Намотку новых бандажей производят по данным старых. Данные размотанного бандажа заносят в обмоточно-расчетную ведомость. Если применяется проволока другого сечения, то количество витков изменяют так, чтобы получить прежнее общее сечение бандажа.

Бандажи лобовых частей накладывают в тех местах, где обмотка опирается на обмоткодержатель.

У быстроходных машин бандажи накладывают также на уравнительные соединения и нижний и верхний слои обмотки. Для бандажей машин постоянного тока чаще всего применяют немагнитную стальную бандажную проволоку, так как при большом сечении бандажей через них замыкается поток рассеяния, что ухуд-

шает условия коммутации. Кроме того, токи нагревают бандажи.

Бандажирование ведут на специальных бандажировочных станках с электроприводом. В небольших мастерских это можно сделать с помощью простого приспособления (рис. 69). Для бандажировки может быть также использован токарный станок.

Под бандажи подкладывают полоски из пропитанного электрокартона для машин с изоляцией класса А или

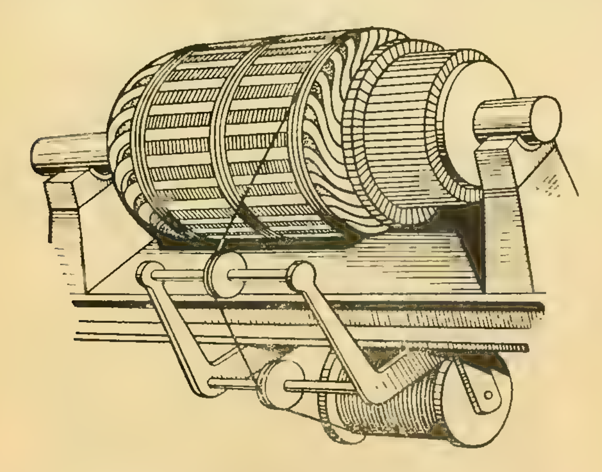


Рис. 69. Бандажировка якоря.

гибкий миканит и пропитанный электрокартон для машин с изоляцией класса В. Полоски должны быть шире бандажа на 10—12 *мм*.

Лобовые части обмотки перед намоткой бандажей осаживают молотком через фибровую или деревянную прокладку. Образовавшиеся неровности выравнивают прокладками из электрокартона или электронита, закрепляя их пропитанной в лаке киперной или тафтяной лентой.

При намотке многослойных бандажей натяжение каждого последующего слоя уменьшается на 10%.

Когда пропитывают якорь, изоляция размягчается и бандажи теряют плотность намотки, вследствие чего катушки в пазах могут передвигаться под действием центробежных сил, что приводит к протиранию изоляции и пробою на корпус. Бандажи на лобовых частях могут

сползать. Чтобы устранить эти явления, на якоря, подвергающиеся пропитке, сначала наматывают временные бандажи упрощенного типа. Для этого в пазы вкладывают деревянные планки, выступающие из пазов, и сверху вразбежку наматывают бандажную проволоку по всей длине якоря. После пропитки наматывают постоянные бандажи.

Перед намоткой бандажа на лобовую часть сначала стягивают обмотку временными бандажами из четырех-пяти витков у сердечника, а затем снимают временные бандажи, отпускают тормоз станка и зацепляют конец проволоки за деревянный клин, вставленный между катушками обмотки, около сердечника якоря. Наматывают три-четыре витка проволоки без натяжения на лобовые части около сердечника. Зажимают колодки сердечника тормоза, наматывают еще виток, оттягивают его на место первого витка бандажа и создают натяжение согласно табл. 14.

Таблица 14

Диаметр проволоки, *мм*	Натяжение проволоки, *кГ*	Диаметр якоря, *мм*
0,8	30—40	100—200
1,0	50—60	201—400
1,2	65—80	401—600
1,5	100—120	601—1 000
2,0	180—200	Больше 1 000

Для натяжения проволоки служат натяжные приспособления по типу изображенного на рис. 70.

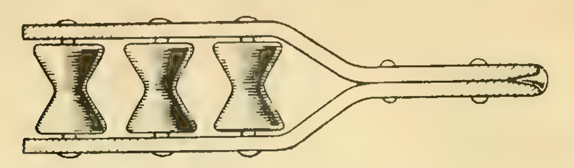


Рис. 70. Ролик для натяжения бандажной проволоки.

Желаемое натяжение можно отрегулировать количеством оборотов проволоки вокруг роликов. Величина натяжения должна измеряться. Для этой цели хвостовик натяжного приспособления, показанного на рис. 70, присоединяется к крюку динамометра. В бандажировочных

станках динамометр встраивается между направляющими проволоку роликами суппорта.

Под проволоку через каждые 70—90 *мм* (для бо́льших диаметров — бо́льшие расстояния) прокладывают полоски жести толщиной 0,3—0,5 и шириной 10—15 *мм*. Полоски длиннее ширины бандажа на 20 *мм*, для того чтобы после намотки бандажа концы их можно было загнуть на бандаж и пропаять. Для закрепления концов бандажа в одном месте укладывают рядом две скобки (рис. 71) для замков на расстоянии 10—30 *мм* одна от другой.

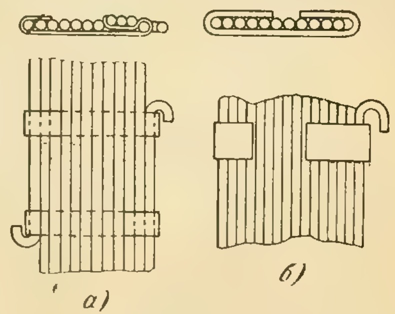


Рис. 71. Замочные скобки для укрепления бандажей.
а — в лобовых частях; *б* — в пазах.

Постоянный бандаж наматывают целым куском проволоки, без спаек. Намотку начинают от сердечника якоря и ведут в сторону коллектора.

Поверхность намотанного бандажа зачищают металлической щеткой, смазывают стеарином и пропаивают в нескольких местах припоем марки ПОС-40, после чего несколькими витками вразбежку переходят к соседнему бандажу. Так наматывают несколько рядом лежащих бандажей. Концы бандажей заводят в петлю замочной скобки. Петлю затягивают за конец и пропаивают. Пайку скобок проверяют ножом на отгиб. Кроме замочных и нормальных скобок, для удержания узких бандажей между узким и соседним широким бандажами также кладут скобки. Чтобы избежать нагрева токами, эти скобки ставят на расстоянии двойного полюсного деления одну от другой.

Окончательную пропайку бандажей производят тонким слоем припоя по всей его поверхности, причем не должно быть наплывов припоя, а также пропусков пайки.

При намотке бандажей следят за тем, чтобы натяжение было не слишком большим и чтобы бандаж не врезался в обмотку (при слабом натяжении бандаж может сползать).

В многослойных бандажах каждый слой наматывают и пропаивают отдельно. Под первым слоем бандажа

размещают на одинаковых расстояниях не по одной скобке для замков, а по две с расстояниями между ними 10 *мм*. Под каждый следующий слой устанавливают скобки таким образом, чтобы между скобками всех слоев были одинаковые расстояния. Установка скобок для трехслойного бандажа показана на рис. 72.

Бандажи считаются доброкачественными, если они удовлетворяют следующим требованиям: при легком постукивании молотком бандаж не издает глухого или

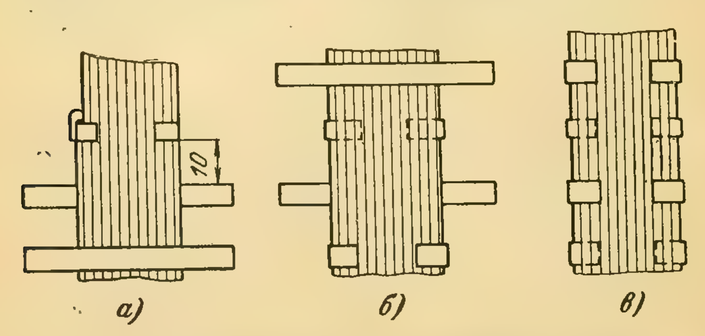


Рис. 72. Установка скобок для трехслойного бандажа.
а — после первого слоя; *б* — после второго слоя; *в* — после третьего слоя.

дребезжащего звука; концы замков плотно подбиты и хорошо пропаяны; крайние витки плотно уложены и хорошо пропаяны; конец проволоки верхнего слоя заделан в петлю; весь бандаж тщательно пропаян, имеет блестящую поверхность без наплывов припоя, черновин и пятен; края бандажа не имеют боя (на глаз) при вращении якоря; бандаж имеет цилиндрическую форму. Допускаются отклонения: эллиптичность не более 5 *мм*, конусность не более 3 *мм* (в сторону от хомутиков к бочке якоря); бандаж должен быть ниже железа бочки якоря не менее чем на 0,5 *мм*.

Необходимо после намотки проверить сопротивление изоляции обмотки по отношению к бандажам мегомметром 1 000 *в*.

Если якорь прибыл в ремонт со снятыми бандажами, то производят приближенный расчет бандажей. Число витков бандажей определяется по формуле

$$w_б = 16{,}3\,\frac{G_в D_в}{d^2 (R_z - в_1)}\left(\frac{n}{1\,000}\right)^2,$$

где G_0 — вес части обмотки, удерживаемой одним бандажом, *кг*;

D_0 — средний (по центру тяжести) диаметр этой части обмотки, *см*;

d — диаметр проволоки бандажа, *см*;

n — номинальная скорость вращения якоря, *об/мин*;

R_z — допускаемое механическое напряжение проволоки от центробежной силы, *кГ/см²*; для стальной магнитной бандажной луженой проволоки диаметром 1—1,5 *мм* $R_z = 5\,200 \div 5\,000$ *кГ/см²*; для проволоки диаметром 2—2,5 *мм* $R_z = 5\,000 \div 4\,500$; для бандажной немагнитной луженой проволоки $R_z = 4\,500 \div 4\,200$ *кГ/см²*;

σ_1 — напряжение в проволоке бандажа от центробежных сил собственного веса, *кГ/см²*:

$$\sigma_1 = 3{,}2\left(\frac{D_б}{100}\right)^2\left(\frac{n}{1\,000}\right)^2,$$

где $D_б$ — наружный диаметр бандажа, *см*.

Бандажи из луженой проволоки все более заменяются бандажами из стеклянного волокна, которое пропитано термореактивными лаками. Применение стекловолокнистых бандажей снижает трудоемкость бандажирования и аварийность машин. Перед наложением стекловолокнистого бандажа якорь нагревают до температуры 100° С. Бандажи из стеклянного волокна в виде однонаправленной в продольном направлении ленты наматывают на якоря, так же как и стальные бандажи, с натяжением. Натяжные приспособления при намотке бандажей из стекловолокна используют те же, что и при намотке бандажей из проволоки, но обычно их дополняют натяжным приспособлением, которое включает натяжные шкивы, ролики и укладчики ленты. Скорость намотки бандажей из стекловолокна намного выше, чем скорость намотки стальной проволоки. Если толщина бандажа из стекловолокна больше 1,6 *мм*, применяют боковые упоры, препятствующие сдвигу нижних слоев верхними.

При намотке бандажей из стекловолокна по краям бандажа прокладывают хомутики из алюминия. После запекания бандажа их снимают.

Чтобы заделать бандаж при большом числе витков,

последний виток захватывают рукой и освобождают от натяжения. Он скользит вдоль бандажа до тех пор, пока не удержится на нем трением или адгезионной силой смолы. При небольшом числе витков последний виток нагревают и он скрепляется с нижележащим слоем бандажа. Окончательное запекание бандажа производят в процессе сушильно-пропиточных работ.

Чтобы обеспечить спокойную работу машины без вибраций и биений, производят *балансировку* якоря, которая заключается в том, что центр тяжести якоря совмещают с осью вращения, добавляя балансировочные грузы или высверливая часть металла. Широко распространена статическая балансировка, при которой якорь кладут шейками вала на ровные горизонтальные стальные призмы (рис. 73), линейки или ролики либо устанавливают в центрах токарного станка.

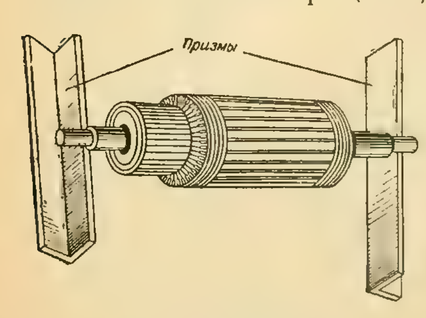


Рис. 73. Балансировка якоря.

Если якорь хорошо отбалансирован, он должен оставаться неподвижным при любом положении относительно своей горизонтальной оси. Неуравновешенный якорь будет стремиться повернуться так, чтобы наиболее тяжелая часть его заняла наинизшее положение. В этом случае к стороне, диаметрально противоположной той, которая тяжелее, крепят уравновешивающий груз или же в более тяжелом месте снимают (высверливают) часть металла. Затем якорь снова проверяют на линейках и подбирают балансировочный груз таким, чтобы якорь перестал самостоятельно перекатываться, в каком бы положении его не остановили. Это будет признаком того, что процесс балансировки закончен.

Статическая балансировка не всегда устраняет вибрацию машины, так как статически уравновешенный якорь может при вращении иметь динамическую неуравновешенность, поэтому для машин со скоростью вращения более 1 000 *об/мин*, особенно при большой длине якоря, производят динамическую балансировку якоря, которая позволяет устранить любое смещение центра тяжести якоря.

11. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРЫ

Электрообмотчик обязан знать основные правила, которые нужно соблюдать при работе. Этим он обеспечит свою безопасность и безопасность окружающих лиц. Для безопасной работы в электроремонтных цехах, участках, бригадах большое значение имеет регулярный инструктаж электрообмотчиков по технике безопасности и противопожарным мероприятиям.

Правила техники безопасности и противопожарной безопасности в цехах и участках зависят от условий работы и производящихся технологических процессов. В этом отношении ремонт обмоток машин значительно более опасен в пожарном отношении, чем другие ремонтные работы. При ремонте обмоток применяются различные лаки и растворители, пары которых ядовиты, взрывоопасны и легко воспламеняются. Кроме того, ремонт обмоток связан с применением открытого огня и различных нагревательных приборов для сушки, пайки, расплавления припоев и пр.

При пропитке и сушке обмоток, а также при работах, связанных с окраской корпусов и других деталей машин (кроме общих, обязательных для всего персонала требований по электробезопасности), следует выполнять следующие правила пожарной безопасности:

Нельзя класть включенный или нагретый паяльник на деревянные верстаки или столы во избежание пожара.

Пропиточно-сушильное отделение должно быть провентилировано перед началом работы (смены).

Нельзя курить, зажигать спички и выполнять работы, связанные с появлением искр в пропиточно-сушильном отделении.

Нельзя держать в открытой посуде лаки, эмали и разбавители, а также хранить в помещении пропитки и сушки больше однодневного запаса горючих материалов; хранение лаков и растворителей должно производиться в приемных баках вне цеха.

Категорически запрещается вход в сушильно-пропиточный цех, отделение, участок посторонним лицам, о чем должны быть вывешены надписи внутри и снаружи помещения.

При загорании проводки, электродвигателей и других электрических приборов необходимо выключить электрический ток; горящий электродвигатель тушат только песком, электропроводку тушат огнетушителями. Тушение лаков и растворителей водой не допускается.

При ожогах, вызванных электрической дугой, горячей канифолью и т. п., нельзя касаться руками обожженного участка кожи или смазывать его какими-либо мазями, маслами, вазелином или растворами.

Обожженную поверхность надо покрыть стерилизованной марлей, а сверху наложить слой ваты и все закрепить бинтом, после чего пострадавшего направить в лечебное учреждение.

При ожогах глаз при сварке проводов электрической дугой следует применить холодные примочки из борной кислоты и немедленно направить пострадавшего в лечебное учреждение.

Необходимо помнить, что от быстроты принятых мер зависит исход оказываемой пострадавшему помощи.

При намотке катушек и бандажей надо остерегаться, чтобы пальцы рук не попали под наматываемую проволоку. Рабочий по намотке катушек из тонкого провода на быстроходных станках должен пользоваться защитными очками, так как при обрыве провод может хлестнуть по глазам. При бандажировке необходимо прочно установить якорь в станке, так как при натяжении бандажировочной проволоки он может соскочить с опор и упасть на ноги. Рукава рабочего при работе на станках должны быть завязаны.

При резке изоляционных материалов на рычажных ножницах следует пользоваться прижимной планкой с нажатием на педаль, а не держать материал рукой. Резку изоляционных материалов ножом следует производить от себя.

Перед изолировкой пазов и укладкой секций необходимо проверить сердечник якоря. Если имеются заусенцы, отогнутые зубцы, распушивание зубцов и другие дефекты, следует их устранить.

Если применяется стекловолокнистая изоляция, то следует принять меры по защите рук от раздражающего действия кусочков стеклянного волокна. Для защиты рук от раздражающего действия стеклянного волокна следует руки смазывать силиконовым кремом. Стеклян-

ные ленты и провода с изоляцией из стекловолокнистой изоляции следует применять пропитанные.

Особую осторожность нужно проявлять при пайке. При паяльных работах возникает опасность ожогов, в отдельных случаях есть также опасность отравлений. При пайке электропаяльником не исключена опасность поражения током.

Для защиты рук от ожогов расплавленным припоем требуются трудовые навыки, которые приобретаются паяльщиками в течение нескольких смен. Работу при пайке следует вести в брезентовых рукавицах. В качестве орудия пайки следует применять электрические паяльники. Если они питаются от источника с напряжением 24 и 36 *в*, опасность поражения током практически отпадает.

В исключительных случаях, когда применяется напряжение 220 *в*, корпус паяльника должен заземляться при помощи третьего провода, заключенного вместе с фазными проводами в резиновый шланг.

Если для пайки применяется газовое пламя, требования безопасности должны соблюдаться с особой строгостью, так как несоблюдение их может привести к отравлению или взрыву. Основые требования, которые должны соблюдаться: подача газа на огонь (а не наоборот)[1], надежное перекрытие горелок при перерывах в работе или отлучке с рабочего места, а также перекрытие и запирание мастером главного крана по окончании смены и перед перерывом на обед.

Помещение, в котором производятся пайка и сварка проводов, должно иметь общую или местную вентиляцию.

Работники пропиточного отделения должны выполнять все правила обращения с лаками и разбавителями и правила санитарной гигиены при обращении с едкими растворителями.

Мыть руки в бензине не рекомендуется, так как кожа становится от этого восприимчивой к различным кожным заболеваниям. Руки следует мыть с мылом в горячей воде.

Во избежание чрезмерного распыления краски при окраске деталей пульверизатором давление в сосуде

---

[1] Сначала зажженная спичка подносится к носику горелки, а лишь затем поворотом краника подается газ в горелку.

пульверизатора должно быть не выше 0,5—1 *ат*, а в подводящих трубах или шлангах не выше 2 *ат*.

Окраску способом пульверизации необходимо производить в специальных камерах или шкафах, оборудованных вытяжкой вентиляцией.

Рабочие, непосредственно занятые окраской способом пульверизации, должны работать в респираторах и шлемах.

Все электрические испытания обмоток машин должны производиться на специальном огражденном месте— стенде специально выделенными и обученными работниками, которые хорошо знают безопасные методы работы при испытаниях напряжением.

Стенд для испытаний должен иметь сигнальные лампы, предупреждающие о включении высокого напряжения, с предупреждающими надписями: *«Стой — высокое напряжение!»* или *«Осторожно — высокое напряжение!»*

При работах с высоким напряжением необходимо пользоваться испытанными защитными средствами: диэлектрическими перчатками, галошами, ковриками, инструментом и т. п.

Изоляция проводов контрольной лампы и испытательных приборов должна быть усиленной.

В случае поражения человека электрическим током необходимо принять срочные меры к освобождению его от действия тока и в случае необходимости сделать ему искусственное дыхание, вызвать врача и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов Н. В., Обмотчик электрических машин, Профтехиздат, 1961.

2. Костенко М. П. и Пиотровский Л. М., Электрические машины, ч. I, изд-во «Энергия», 1964.

3. Пиотровский Л. М., Электрические машины, Госэнергоиздат, 1963.

4. Барембо К. Н. и Бернштейн Л. М., Сушка, пропитка и компаундирование обмоток электрических машин, изд-во «Энергия», 1967.

5. Виноградов Н. В., Производство электрических машин, Госэнергоиздат, 1961.

6. Зимин В. Н., Каплан М. Я. и др., Обмотки электрических машин, Госэнергоиздат, 1961.

7. Коварский Е. М., Ремонт электрических машин, Госэнергоиздат, 1962.

8. Кокорев А. С. и Наумов И. Н., Справочник молодого обмотчика электрических машин, изд-во «Высшая школа», 1964.

9. Бабенко Д. А., Тепленко С. И. и Чибишев Л. Д., В помощь электрику-обмотчику трехфазных асинхронных электродвигателей, Госэнергоиздат, 1965.

10. Курицкий Е. Н., Техника безопасности и противопожарная техника на заводах электротехнической промышленности, изд-во «Энергия», 1967.

11. Бабенко Д. А. и Тепленко С. И., В помощь электрику-обмотчику машин постоянного тока, изд-во «Энергия», 1967.

12. Передовые методы ремонта электрических машин, под общей редакцией Я. С. Урицева, изд-во «Энергия», 1965.

13. Бернштейн Л. М., Изоляция электрических машин общепромышленного применения, изд-во «Энергия», 1965.

14. Козлов Е. М., Механизация обмоточно-изоляционных работ при производстве электрических машин, Госэнергоиздат, 1963.

15. Третьяков М. Н., Испытание электродвигателей малой мощности, изд-во «Энергия», 1966.

16. Гемке Р. Г., Неисправности электрических машин, изд-во «Энергия», 1963.

17. Ривлин Л. Б., Обслуживание цехового электрооборудования, Госэнергоиздат, 1961

18. Дорогуш Г. И., Электродвигатели трамвая и троллейбуса, изд-во «Энергия», 1964.

19. Кофман К. Д., Монтаж силового электрооборудования, «Справочник электромонтера», вып. 5, изд-во «Энергия», 1967.

20. Маршак Е. Л., Ремонт обмоток статоров электрических машин переменного тока, изд-во «Энергия», 1966.

21. Маршак Е. Л., Монтаж обмоток электрических машин высокого напряжения, изд-во «Энергия», 1964.

22. Виноградов Н. В., Электрослесарь по ремонту электрических машин, изд-во «Высшая школа», 1967.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Основные элементы машин постоянного тока 3
2. Обмотки машин постоянного тока 10
3. Неисправности обмоток и устранение их 33
4. Материалы, применяемые при ремонте обмоток. Конструкция и заготовка изоляции 45
5. Укладка обмоток в пазы якоря 59
6. Ремонт катушек полюсов 89
7. Ремонт коллектора 92
8. Пайка соединений в обмотках 103
9. Пропитка и сушка обмоток 110
10. Бандажировка и балансировка якорей 118
11. Техника безопасности и противопожарные меры . . . 125
Литература 128

Цена 25 коп.